


# La Formación de la Tierra

VOLUMEN II

DEBATE
ediciones del Prado

ATLAS DE LO EXTRAORDINARIO

# LA FORMACIÓN DE LA TIERRA

## Volumen II

ATLAS DE LO EXTRAORDINARIO

# LA FORMACIÓN DE LA TIERRA

Volumen II



Dirección editorial de la serie:
Juan María Martínez
Ángel Lucía.

Coordinación editorial de la serie:
Juan Ramón Azaola
Carlos Ponce.

Dirección técnica de la serie:
Eduardo Peñalba.

Edición: Luis G. Martín, Íñigo Castro, Lourdes Lucía, Derek Elsom.
Fotografía y documentación gráfica: José María Sáenz Almeida, Marta Carranza, Juan García y Nano Cañas.
Diseño: John Bigg, Jonathan Bigg y Zilda Tandy.
Producción: Barry Baker, Janice Storr y Rosanna Scott
Colaboraciones: Iain Nicholson, Andy Lawrence y Antonio García-Olivares.
Versión castellana: Gian Catelli.



Título original: *Earth*


ISBN: Vol. II 84-7838-331-X
Depósito legal: M-19222-1993
Impreso en el mes de julio de 1994

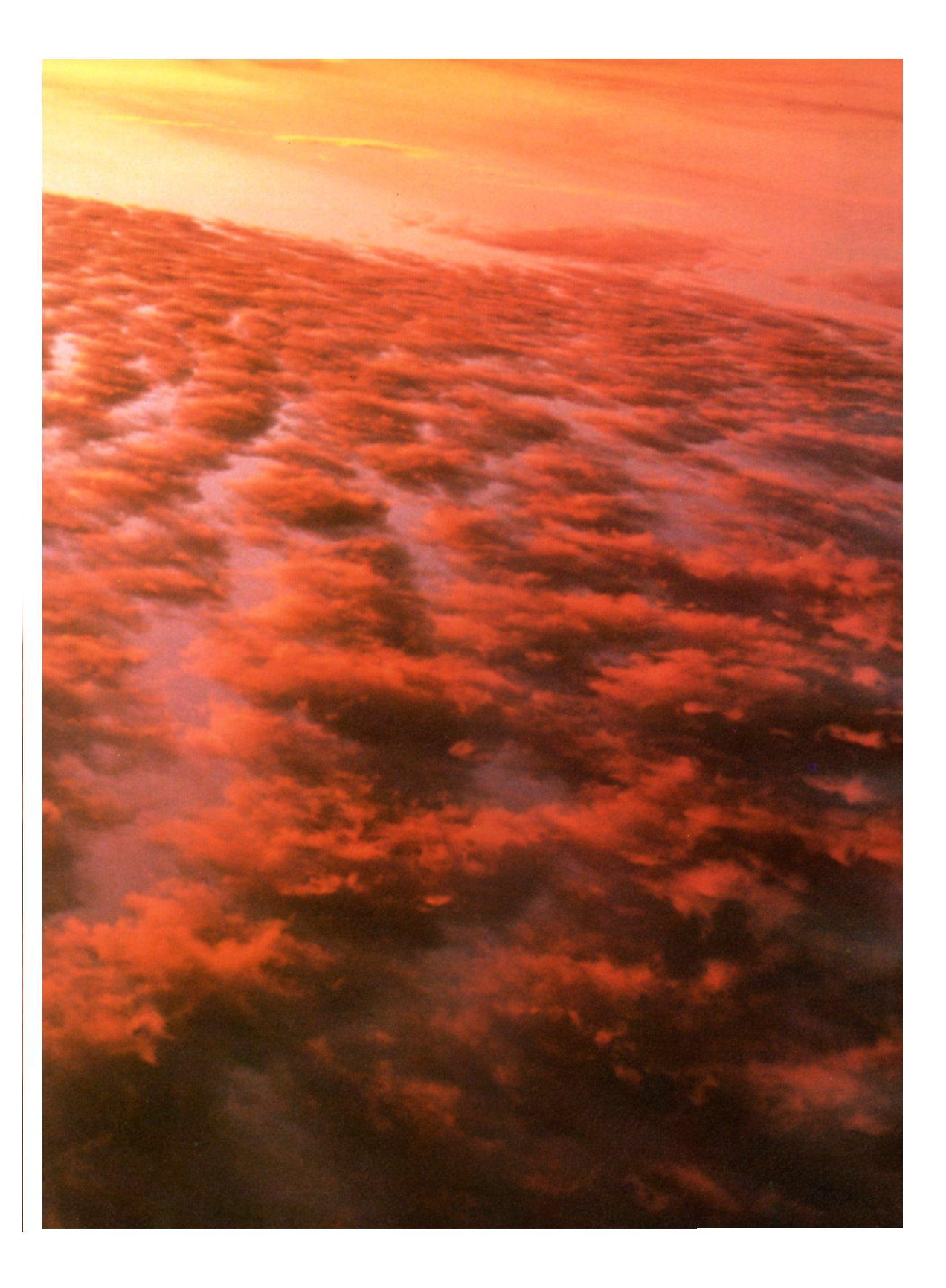
Hielos marinos en Lancaster Sound, de Doug Allan.

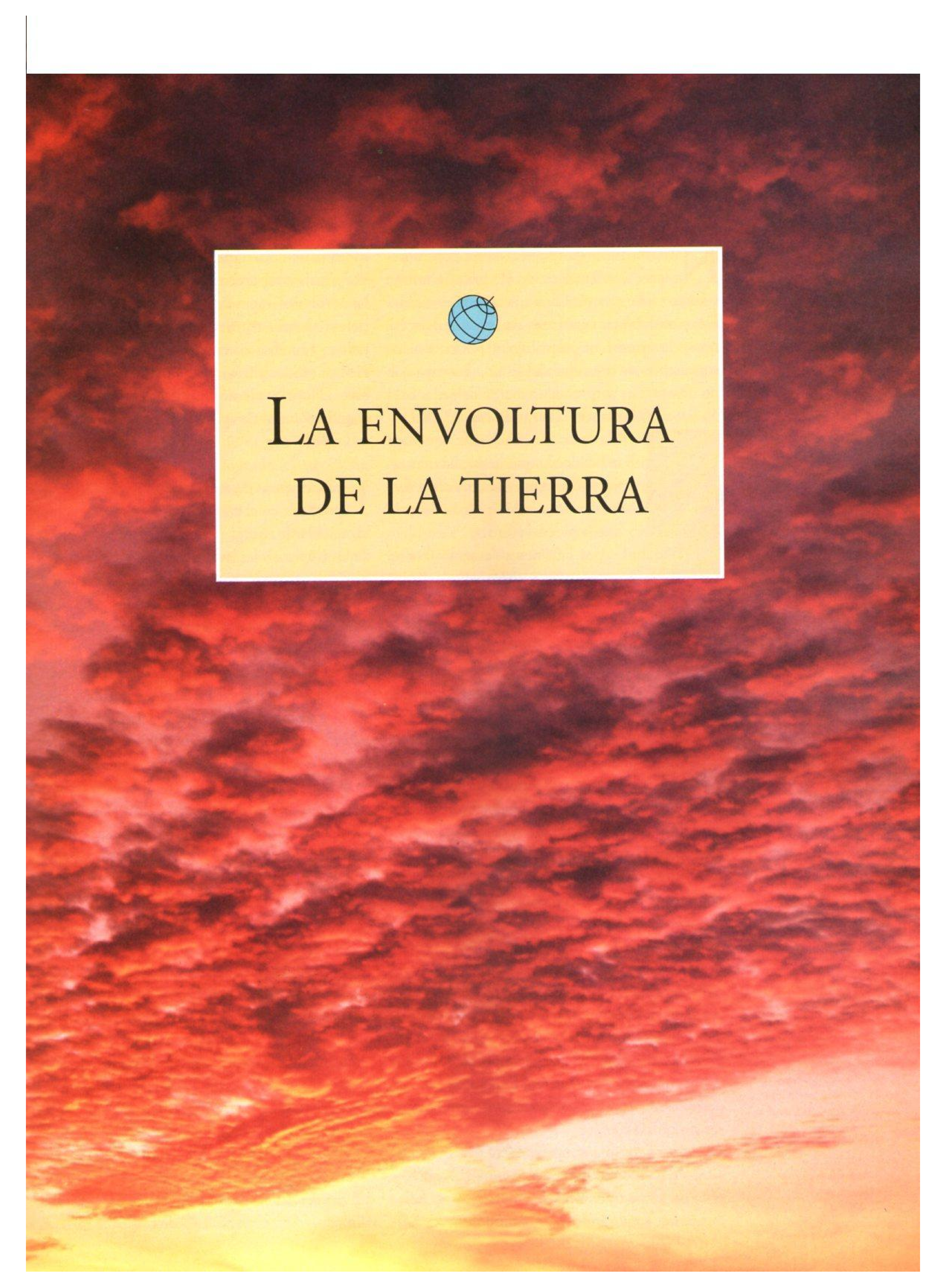
# Sumario
## Volumen II

## LA ENVOLTURA DE LA TIERRA



## ¿CUÁNTO PUEDE DURAR LA TIERRA?





# LA ENVOLTURA DE LA TIERRA

# La envoltura de la Tierra

Nuestro dinámico planeta vibra constantemente con la agitación de gruesas nubes, veloces vientos, remolinos tormentosos, rizadas olas y ondulantes corrientes oceánicas. Los océanos y la atmósfera constituyen, junto con los continentes, la capa vital del globo, una capa que no obstante es sorprendentemente delgada. Si el planeta Tierra, de casi 12.800 kilómetros de diámetro, quedara reducido al tamaño de una manzana, los océanos y la atmósfera formarían una cubierta más delgada que la piel del fruto.



Los océanos y la atmósfera se encuentran íntimamente relacionados por ciclos de agua y energía que operan a escala global. Aproximadamente la mitad de la luz solar que llega hasta nosotros es absorbida por la superficie del planeta, especialmente por los océanos tropicales. Con ello se caldea el mar y se generan evaporación y corrientes de aire ascendentes que transfieren a la atmósfera el calor y el vapor de agua de los océanos. Cuando el vapor de agua se condensa formando nubes, el proceso libera una cierta cantidad de energía que impulsa las corrientes ascendentes de aire hasta la parte superior de la atmósfera, tras lo cual comienzan a deslizarse en dirección a los polos.

La transmisión de energía de los océanos tropicales a la atmósfera señala el comienzo de un ciclo de circulación de vientos que abarca la totalidad del globo y que es responsable de los distintos tipos de climas regionales a la vez que determina la trayectoria de las corrientes oceánicas superficiales.

Los océanos y la atmósfera actúan en colaboración para redistribuir el calor entre las regiones ecuatoriales —intensamente cálidas— y los helados polos, asegurando de este modo que las latitudes bajas no se vean recalentadas ni las latitudes altas excesivamente refrigeradas. En el mar, las corrientes oceánicas de superficie, impulsadas por el viento, transportan agua caliente a los polos y agua fría al ecuador. En la atmósfera, los vientos cálidos y fríos interactúan para intercambiar calor, y los vientos húmedos descargan calor cuando el vapor de agua se condensa para formar las nubes.

Las tormentas desempeñan un papel nada despreciable en el conjunto de sistemas de transformación de energía, especialmente los ciclones de los trópicos y las latitudes medias. Los ciclones tropicales o huracanes entran en acción cada vez que los océanos tropicales se calientan peligrosamente. La colosal transferencia de calor y humedad del océano al huracán se refleja en las increíbles velocidades del viento alrededor del ojo del huracán, así como en las inmensas nubes y las lluvias torrenciales generadas por la tormenta.

Cada año se desarrollan unas 100 enormes tormentas circulares de este tipo, especialmente en el Océano Pacífico, donde son conocidas con el nombre de tifones. Avanzan hacia el oeste con los vientos alisios y provocan inauditas catástrofes en las costas por medio de potentes descargas tormentosas, diluvios de agua, vientos que pueden llegar a alcanzar los 400 km/h y violentos tornados. Tras sembrar el caos a su paso, terminan por alcanzar las latitudes medias y decaen.

Por medio de los ciclones de latitudes medias, también conocidos con el nombre de depresiones frontales, se intercambia la energía a través de las fronteras de temperatura atmosférica entre las latitudes polares y medias. Estas fronteras variables, llamadas frentes polares, señalan el campo de batalla entre los vientos húmedos y cálidos —o masas de aire— de origen tropical y

***Cual manto flotante*** *teñido de rojo por el Sol poniente, los altocúmulos se extienden hacia el horizonte (página anterior). La aparición de estas nubes en el cielo señala a menudo la inminente llegada de las lluvias.*





los vientos fríos y secos procedentes de los polos. Sin las depresiones frontales, estos vientos opuestos chocarían entre sí sin mezclarse y serían devueltos a su lugar de origen sin haber logrado el necesario intercambio de energía.

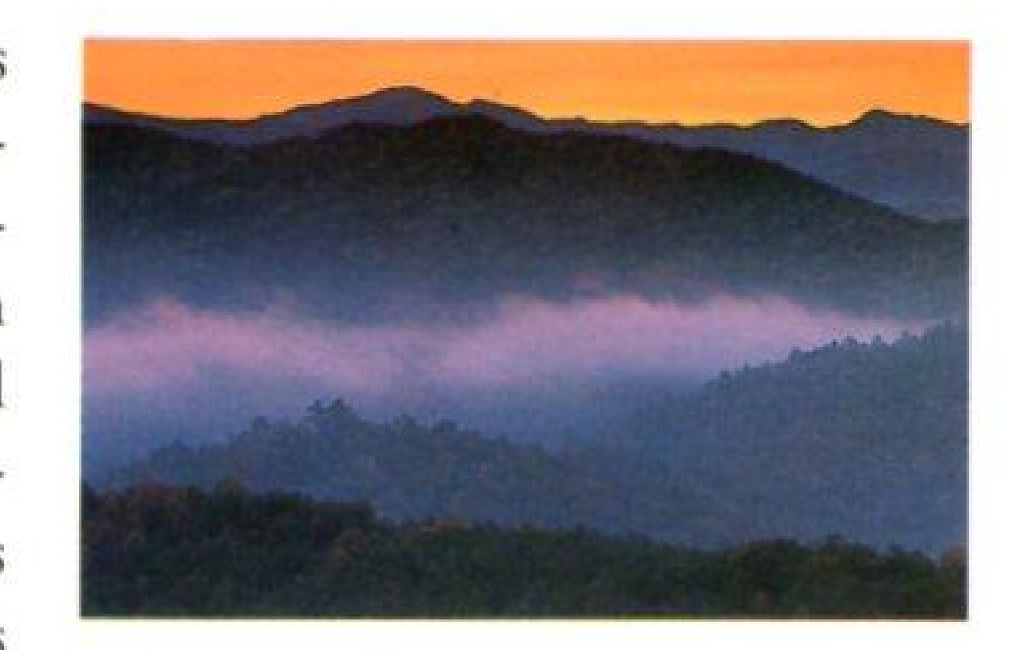
A lo largo del frente se agrupa una serie de depresiones frontales, y las masas de aire contenidas en cada tormenta giran en torno unas a otras. Durante varios días, el aire cálido es despedido hacia el costado polar de la tormenta, y el aire frío se desplaza hacia el costado ecuatorial y es absorbido por el entorno, alcanzando así la vital transmisión de energía entre uno y otro. El nacimiento, crecimiento y muerte de estas sucesiones de tormentas resultan orquestados desde arriba por una estrecha franja de potentes vientos de elevada altitud llamados corrientes en chorro.

Del mismo modo que la atmósfera posee unos patrones de circulación globales, las corrientes superficiales y profundas de los océanos se entrelazan formando un circuito global. Esta especie de cinta transportadora es impulsada por la diferencia de tamaño entre los océanos, ya que el Océano Pacífico obtiene, por ejemplo, más calor del Sol que el Atlántico.

Las frías aguas salinas que rodean Islandia, en el Atlántico norte, se sumergen y desplazan hacia el sur en forma de corriente profunda, mezclándose con las frías aguas que rodean la Antártida antes de fluir en dirección al Océano Pacífico. Una vez allí, liberan su carga de sal, pierden densidad y se elevan hacia la superficie, tras lo cual regresan al Atlántico norte transportando una considerable cantidad de calor procedente del Pacífico.

Este ciclo mantiene al Atlántico norte mucho más caldeado de lo que estaría de otro modo, a la vez que conserva el equilibrio entre los océanos del globo. Este calor es luego transferido a los vientos occidentales, lo que permite que Europa disfrute de las ventajas de poseer un clima templado.

Cada pocos años, un súbito afloramiento de aguas superficiales cálidas procedentes del Pacífico central y en dirección al Pacífico oriental desencadena una inversión completa de los vientos alisios. Dado que estos vientos soplan normalmente en dirección oeste, produciendo nubes y lluvias torrenciales sobre Indonesia y el norte de Australia, su inversión durante estos períodos llamados de El Niño provoca la aparición de condiciones secas —e incluso de severas sequías— en estas regiones. Las consecuencias para el Pacífico este son igualmente dramáticas, ya que el impulso de aire húmedo en dirección este por los vientos alisios produce inundaciones catastróficas y corrimientos de lodo en la costa oeste de América del Sur, habitualmente seca.



Los vientos, las tormentas y las corrientes oceánicas interactúan unas con otras para crear zonas climáticas características cuyos distintos puntos experimentan ciclos climáticos estacionales similares. Estas zonas ejercen una influencia fundamental sobre la agricultura, los ecosistemas, el suministro de agua, el bienestar humano y los procesos de erosión que modelan el paisaje.

No obstante, cada una de estas regiones posee considerables variaciones climáticas locales debido a la influencia de rasgos particulares tales como colinas, valles, lagos y mares. Precisamente esta infinita variedad de climas, junto con su variabilidad y su frecuente imprevisibilidad, es lo que nos desafía a continuar explorando la naturaleza, los mecanismos de la atmósfera y su relación con los océanos.

# Los mares helados

Las latitudes polares se caracterizan por interminables paisajes de nieve, hielo y agua. Estos áridos parajes cambian lentísimamente a medida que la delgada capa de hielo del océano se expande y contrae alrededor de los polos y los icebergs, arrancados de los glaciares costeros, se desprenden sobre el mar y navegan a la deriva siguiendo las corrientes oceánicas.

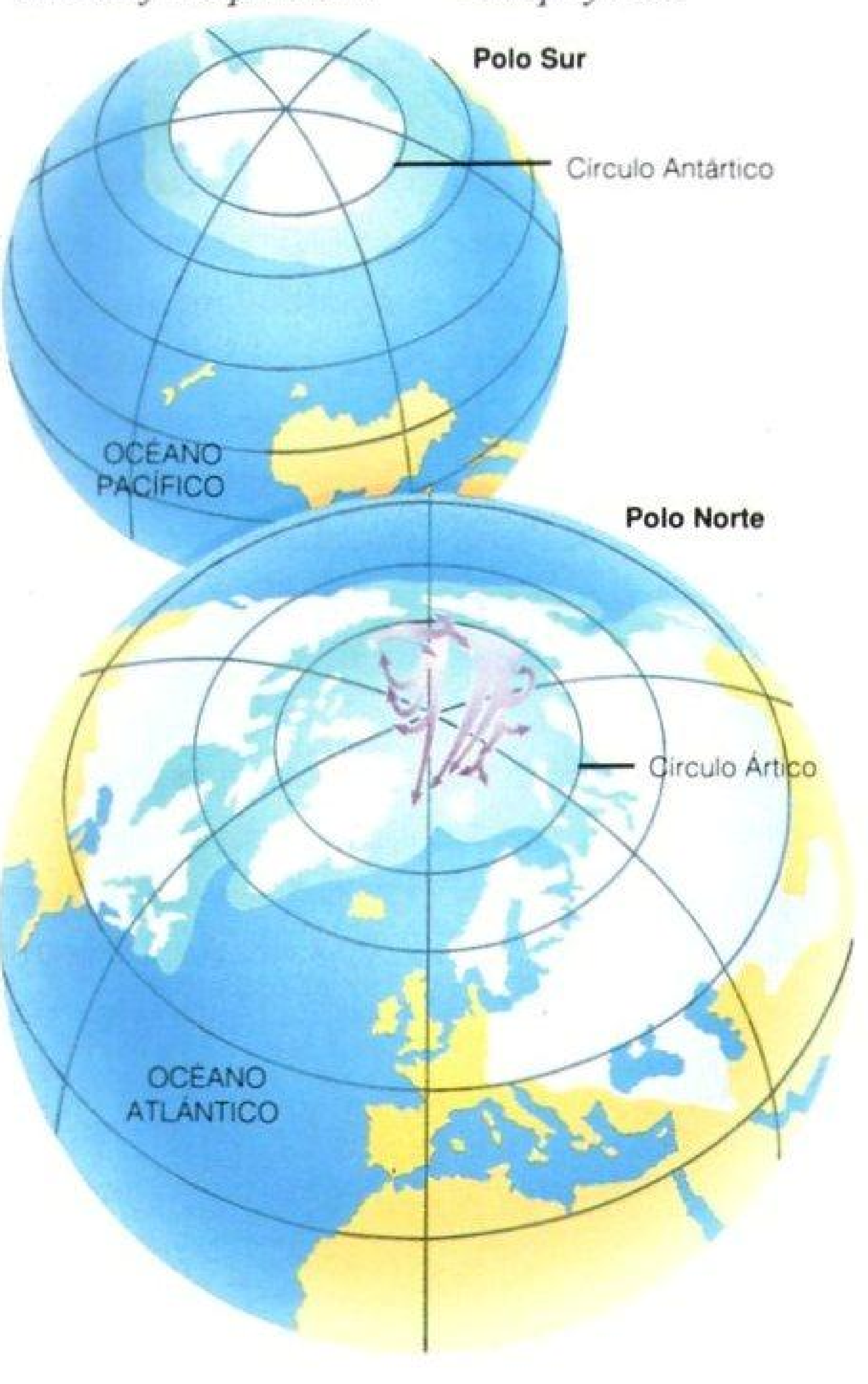
El polo norte, con su delgada capa de hielos marinos perpetuos, se encuentra centrado sobre el océano Ártico, mientras que el polo sur permanece rodeado por el helado continente de la Antártida. Dicho continente se halla cubierto casi por completo por capas de hielo de un espesor medio de 2.000 metros.

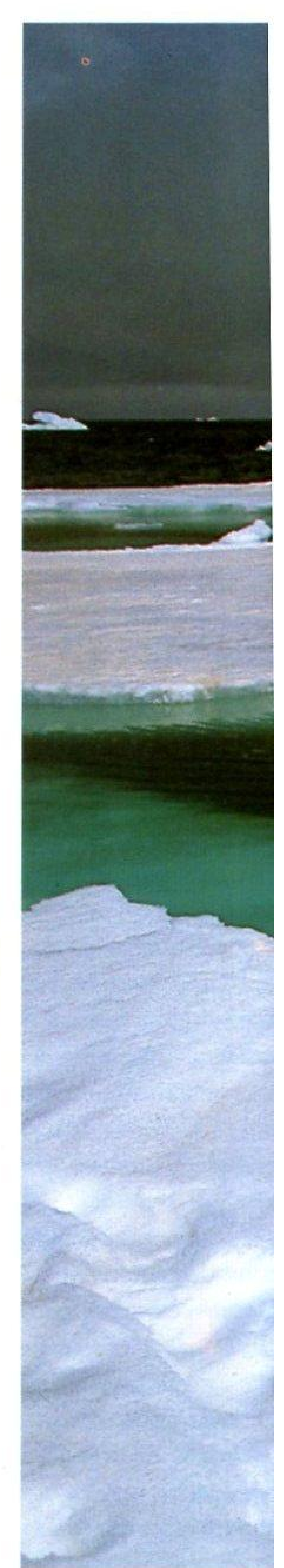
El hielo marino se forma durante los largos, oscuros y helados inviernos polares. La superficie del agua se congela formando una capa de hielo que flota debido a que forma un volumen mayor que una masa de agua similar y, por ello, es menos denso. La mayor parte del hielo marino posee un grosor inferior a los 2 metros, aunque existen en el Ártico zonas de hielo marino perpetuo que pueden alcanzar un espesor situado entre los 3 y 5 metros.

Los icebergs se forman al desprenderse del lóbulo de los glaciares grandes trozos de hielo de agua dulce que alcanzan la costa. Los glaciares situados a lo largo de las costas de Groenlandia, Labrador y la Antártida producen anualmente decenas de miles de icebergs. Aquellos procedentes de Groenlandia y Labrador viajan en dirección sur siguiendo la corriente del Labrador y se agrupan frente al Gran Banco de Terranova, donde se funden al encuentro con la corriente cálida del Golfo. Dado que tan sólo una octava parte del iceberg resulta visible sobre la superficie del agua, su presencia constituye una amenaza para la navegación. El *Titanic* sufrió sus efectos en su viaje inaugural de 1912 cuando, tras golpear un iceberg, se hundió frente a la costa de Terranova causando la muerte de 1.517 personas.

En ocasiones, se desprenden sobre el mar inmensos lóbulos de hielo que crean una plataforma de hielo flotante. La plataforma de hielo de Ross, en la Antártida —de un tamaño similar al de Francia— produce enormes icebergs de superficie plana que contrastan con los más pequeños y de forma irregular que generan los glaciares.

***Extensión máxima de las nieves y hielos invernales*** *en las latitudes polares (abajo). Los hielos marinos atrapados en el corazón del Océano Ártico derivan lentamente en el sentido de las manecillas del reloj y tardan aproximadamente una década en completar el circuito. Durante la Pequeña Era Glacial (1450–1850) el hielo marino llegó a rodear Islandia y se expandió en torno a Groenlandia. Los glaciares y las plataformas de hielo cubren hoy un 10% de la superficie terrestre, pero en el período culminante de la última glaciación —hace 18.000 años— cubría el 30%, extendiéndose en gruesas capas de hielo sobre las partes más septentrionales de América del Norte, Europa y Asia.*



***Hielos marinos de Lancaster Sound****, en el Ártico canadiense. Este canal, libre de hielo durante unos pocos meses del verano, es uno de los muchos que se forman en el Pasaje Noroeste que comunica el Atlántico con el Pacífico.*



# La dinámica de los mares

Los turbulentos remolinos de las corrientes superficiales que agitan todos los océanos de la Tierra encajan entre sí formando un intrincado sistema global de corrientes oceánicas.

Al igual que los vientos globales que las generan y mantienen, la función planetaria de las corrientes consiste en impedir el recalentamiento de los trópicos. En consecuencia, las aguas superficiales caldeadas derivan hacia los polos, mientras que las aguas enfriadas en las altas latitudes descienden hacia el ecuador.

Las corrientes oceánicas ejercen una poderosa influencia sobre el clima de los continentes vecinos. La cálida corriente del Golfo asegura a Europa un clima cálido para la latitud en que se encuentra, a la vez que mantiene los puertos noruegos e islandeses libres de hielo. Por contraste, la fría corriente del Perú o Humboldt produce vientos de procedencia marina que proporcionan a Chile un clima frío y seco que se refleja en la aridez del desierto de Atacama.

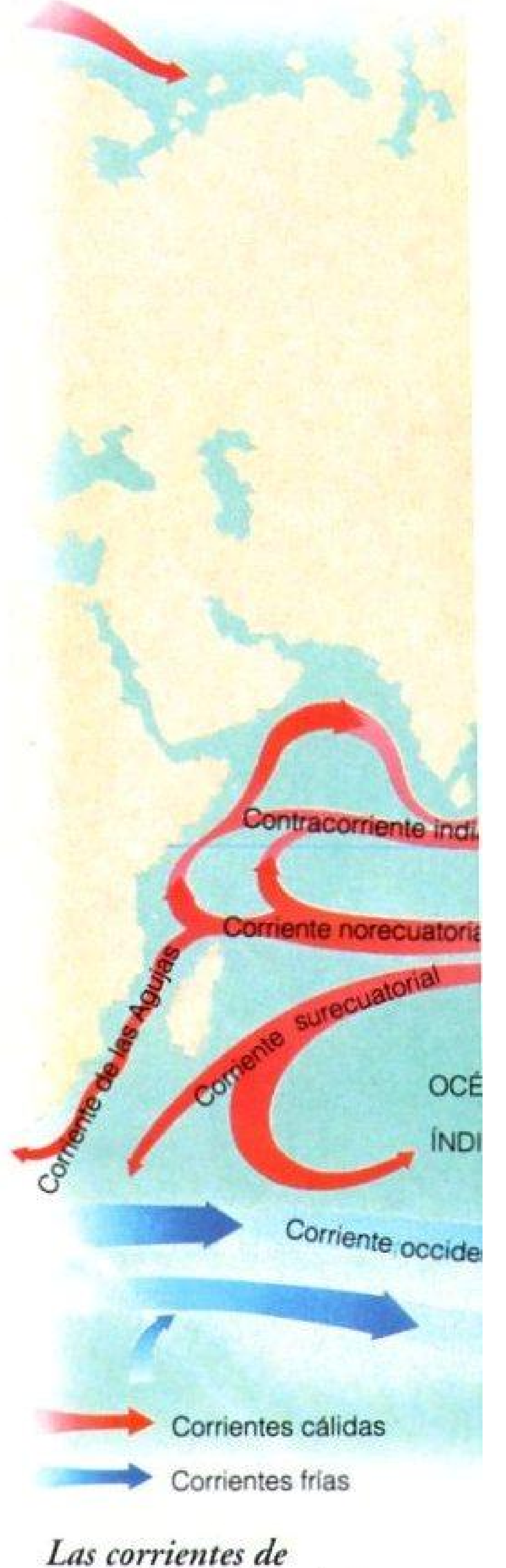
Cada una de las principales cuencas oceánicas despliega un inmenso giro o torrente oval de corrientes oceánicas. Las corrientes superficiales de cada giro son impulsadas por los vientos alisios y los vientos del oeste, mientras que las corrientes situadas en los costados este y oeste de las giratorias se hallan poderosamente influencias por la forma de los continentes y la dirección de rotación del planeta.

Las corrientes que fluyen a lo largo del costado occidental de las giratorias del hemisferio norte (corrientes al oeste) son veloces, profundas y estrechas. Las que discurren a lo largo del costado oriental (corrientes al este) son más lentas, más anchas y menos profundas.

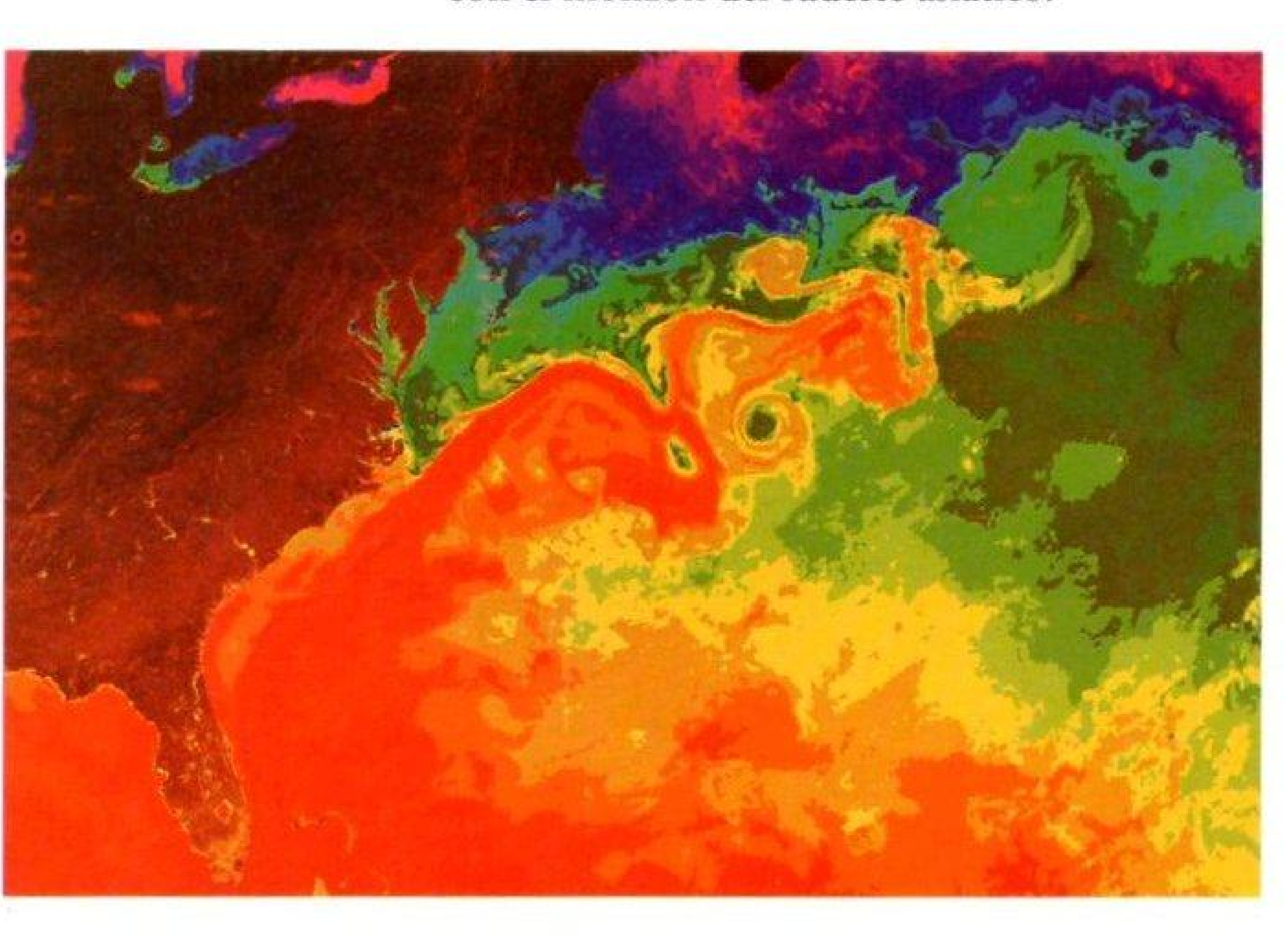
En el Atlántico norte, la corriente al oeste es la del Golfo, y su opuesta en el Pacífico norte es la de Kuro-Shiro. Ambas poseen una anchura de tan sólo 100 km. y se desplazan a una velocidad superior a los 1,8 metros por segundo. No obstante, la corriente de las Canarias y la corriente de California tienen una anchura superior a los 1.000 km., y se desplazan a una velocidad inferior a los 30 cm. por segundo.

En el hemisferio sur, las diferencias entre las corrientes son menos señaladas debido a que las corrientes de contorno del Atlántico sur y el Pacífico se encuentran reforzadas por la potente corriente Circumpolar Antártica. Esta corriente, la única que llega a dar una vuelta completa al planeta, es impulsada en torno a la Antártida por los vientos del oeste de las latitudes conocidas como "Rugientes Cuarenta y Cincuenta".

La fuerza y situación de las corrientes superficiales sufren ligeras modificaciones estacionales debido a los cambios de los patrones del viento y el clima. La corriente que recorre las costas de India experimenta incluso cambios de dirección debido a que los vientos que la azotan invierten la misma de acuerdo con el monzón del sudeste asiático.



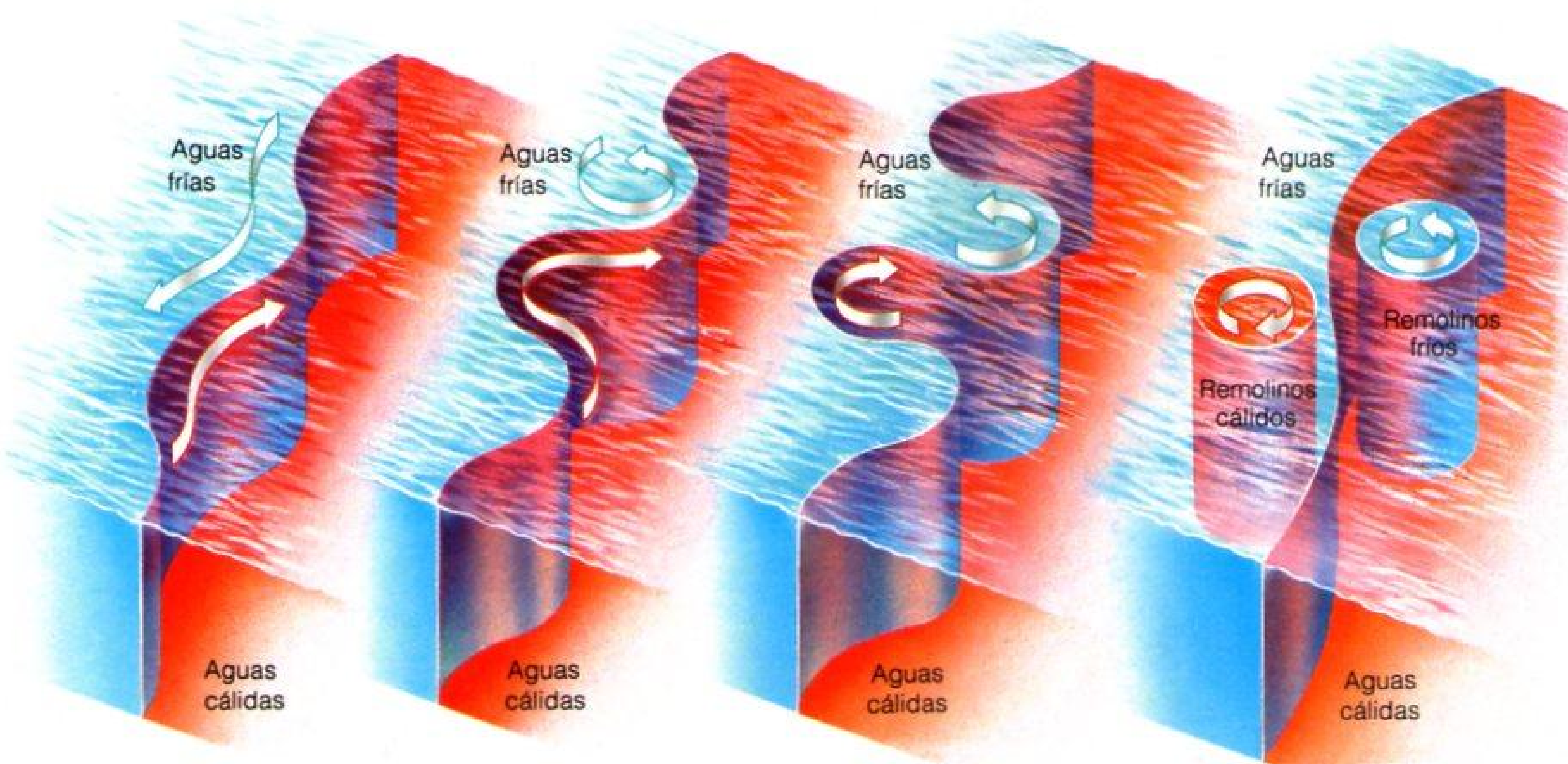

*Las corrientes de* ***superficie*** *de los océanos alcanzan una profundidad de varios cientos de metros y son controladas por la dirección de los vientos. Las que recorren el perímetro de las cuencas oeánicas (giratorias) derivan en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en sentido contrario en el sur. El agua del centro de las giratorias se desplaza lentamente porque no la impulsan corrientes fuertes Esto convierte estas zonas en ideales para las especies marinas, como las anguilas del mar de los Sargazos, en el Atlántico norte.*



***En la corriente del Golfo*** *—corriente de contorno oeste del Atlántico norte fotografiada aquí por satélite y procesada mediante ordenador— pueden observarse las aguas más cálidas destacadas en color rojo y las frías en color amarillo. Junto a ella se deslizan remolinos o contracorrientes de agua caliente en el norte y fría en el sur. Dichos remolinos bañan regularmente de agua caliente el 40% de la plataforma continental de la costa este norteamericana y de agua fría el 15% del mar de los Sargazos.*



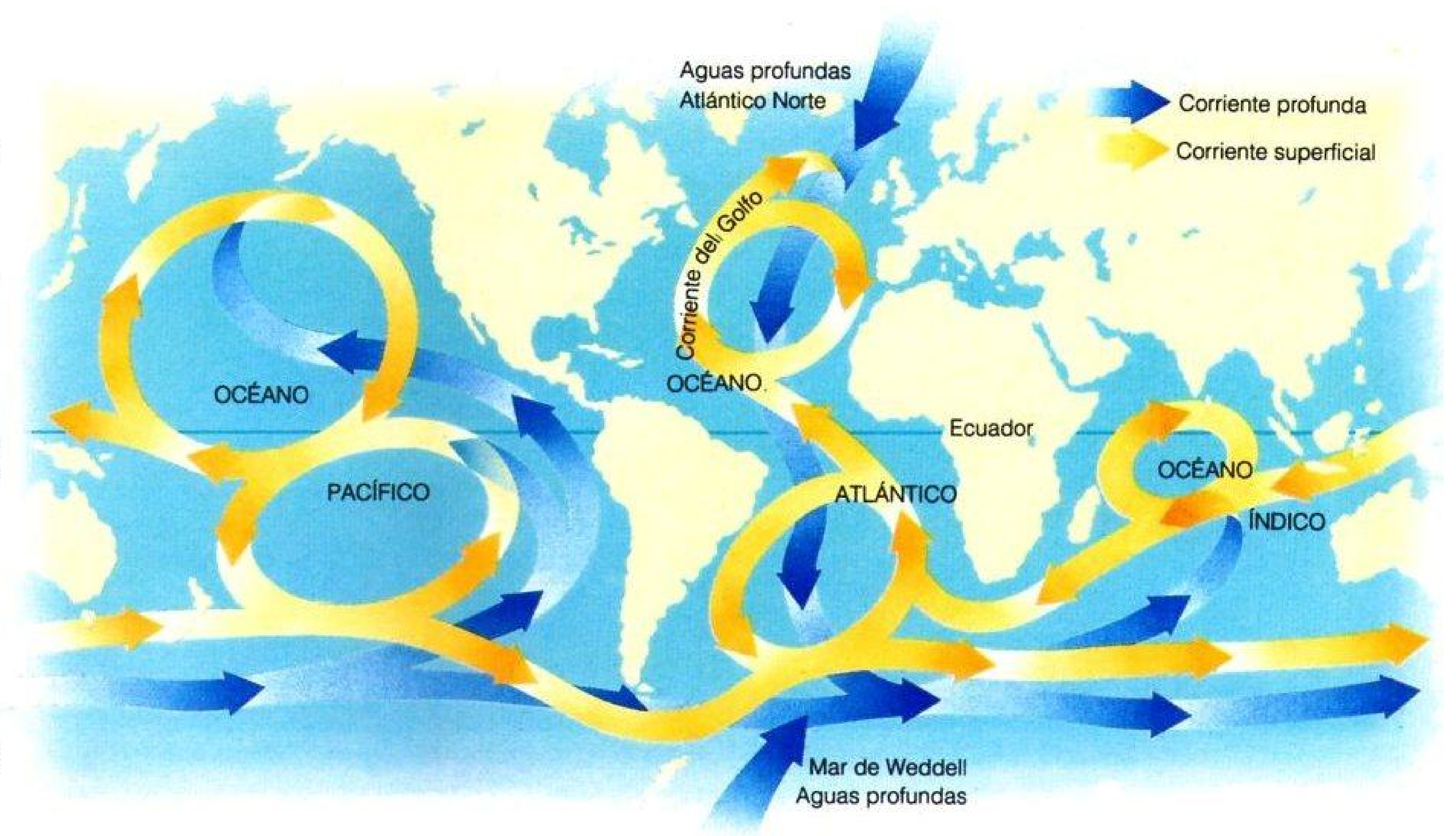
OCÉANO ÁRTICO
Oya Shio
Corriente de Alaska
Corriente del Pacífico norte
Kuro-Shiro
OCÉANO
Corriente norecuatorial
Contracorriente ecuatorial
Corriente surecuatorial
Corriente oriental de Australia
PACÍFICO
Corriente del Perú
Corriente circumpolar antártica
Corriente del Labrador
Deriva del Atlántico norte
Corriente del Golfo
Mar de los Sargazos
OCÉANO
Corriente de las Canarias
Ecuador
ATLÁNTICO
Corriente del Brasil
Corriente de Benguela
Corriente circumpolar antártica




***Los remolinos se forman*** *y se deshacen al agitarse los límites entre corrientes opuestas de aguas frías y cálidas. Esto sucede después de la aparición de fuertes tormentas climáticas sobre dichos límites. Los remolinos conservan su identidad física durante meses, y las flotas pesqueras persiguen las más profundas, frías y ricas en nutrientes por medio de la fotografía vía satélite.*

*En ocasiones, los remolinos se forman a causa del agua salada procedente del Mediterráneo que escapa al océano a través del estrecho de Gibraltar.*

# La dinámica de los mares / 2




***Las corrientes marinas profundas y superficiales se unen*** *entre sí para formar una inmensa cinta transportadora. Las aguas superficiales del Atlántico norte, al enfriarse y hundirse, forman el punto de partida de un proceso que, bajo la corriente del Golfo y en dirección sur, envía una corriente fría que termina por unirse con las densas aguas que fluyen en las proximidades de la Antártida.*

*Esta corriente profunda combinada se divide posteriormente entre los océanos Índico y Pacífico antes de elevarse hacia la superficie y devolver al Atlántico parte del calor de dichos océanos.*

En las profundidades de los mares discurren corrientes lentas y poderosas que se unen con las de superficie para formar una vasta red oceánica de agua en movimiento que traslada energía, nutrientes y sedimentos a través del planeta.

Las corrientes profundas, cada una de las cuales transporta veinte veces más agua que la acarreada por todos los ríos del mundo juntos, se generan al aumentar la densidad de las aguas superficiales, lo que las obliga a hundirse y avanzar sobre el lecho marino. Durante los largos inviernos polares, las aguas de dichas regiones se enfrían rápidamente. A medida que desciende la temperatura de las aguas superficiales, su densidad aumenta, lo que provoca su hundimiento y la creación de las corrientes profundas. El hielo marino proporciona aún más densidad al agua sobre la que flota al desprenderse de las sales durante el período de congelación, aumentando así la salinidad del medio.

Bajo las olas que baten las playas de los continentes se extiende una plataforma continental suavemente inclinada que formó parte en otro tiempo de las masas continentales. Su superficie cubre una extensa área, pero su anchura varía: a lo largo de la costa occidental de África apenas resulta visible, mientras que frente a las costas siberianas se interna miles de kilómetros en el Océano Ártico.

Gran parte de esta plataforma se formó por la acción de las olas cuando el nivel de los mares era entre 90 y 120 metros más bajo que hoy día. Durante aquel período, hubo épocas en las que una espesa capa de hielo cubría gran parte de las latitudes medias y altas del hemisferio norte, aprisionando así el agua evaporada de los océanos. Como resultado, muchas zonas de la plataforma continental muestran túmulos y aristas de escombros glaciales, profundos valles en forma de U, empinados volcanes, enormes deltas y elevados arrecifes de coral.

Asimismo, la plataforma continental se halla atravesada por grandes y empinados cañones de tamaño similar al Gran Cañón de Estados Unidos. El Cañón del Congo, situado frente a la costa occidental de África, posee una anchura de 10 km. en su parte superior y una profundidad de 3 km. De dimensiones similares es el Cañón del Río Hudson, que se interna 128 km. en el mar a partir de la desembocadura del mismo.

Si bien algunos cañones son simplemente prolongaciones marinas de valles fluviales, otros resultan diferentes. Los primeros indicios acerca de su origen surgieron en 1929, cuando un terremoto sacudió la costa de Terranova provocando el corte de 13 cables transatlánticos. Al principio, se pensó que las roturas se debían al propio temblor, pero las relaciones de tiempo y distancia entre cada una de ellas demostró lo contrario.



**Normal**

El aire caliente se eleva y produce tormentas

El aire seco desciende y ocasiona sequías.

Vientos alisios

Australia

Corrientes de superficie

Agua superficial cálida

Sudamérica

Zona de transición

Aguas frías y profundas

Agua fría ascendente

**Transicional**

Intensas tormentas

Inversión de los alisios

Debilitamiento de los alisios

Debilitamiento de las corrientes de superficie

Debilitamiento de la corriente ascendente

**El Niño**

El aire seco descendente produce sequías

El aire caliente ascendente produce tempestades

Inversión de los alisios

Inversión de las corrientes de superficie

Agua superficial cálida

Aguas frías y profundas

Anulación del desplazamiento ascendente

***El desplazamiento ascendente*** *de aguas frías y ricas en nutrientes suele tener lugar frente a la costa occidental de Sudamérica. Los vientos alisios impulsan el agua superficial cálida hacia el oeste, elevando el nivel del mar.*

*El aire que flota sobre la corriente fría ascendente se hunde, causando sequedad en el clima. El aire situado sobre las aguas cálidas descarga enormes lluvias sobre Indonesia y Australia. Cuando los alisios son fuertes, se producen potentes tormentas que coinciden con los períodos de sequía de Sudamérica.*

***Los alisios cambian de dirección*** *cada pocos años. Las aguas cálidas de superficie acumuladas en el oeste se desplazan en dirección este, remansándose en el Pacífico central e iniciando El Niño. Las lluvias y tormentas afectan al Pacífico central y producen sequías en Indonesia y Australia.*

*El Niño empeora la sequía del Sahel, debilita el monzón indio, impulsa las tormentas de latitud media en dirección a los polos y provoca sequías en el centro de Estados Unidos.*

***Las aguas cálidas alcanzan las costas del Pacífico*** *y anulan las corrientes ascendentes de agua fría. Los peces, desprovistos de sus nutrientes, mueren. La cadena alimentaria del océano se interrumpe y las aves y mamíferos marinos pasan hambre.*

*Las aguas cálidas de superficie que bañan Sudamérica desencadenan tormentas, inundaciones y corrimientos de lodo en la costa del Pacífico. En Australia se padecen fuertes sequías, así como olas de calor e incendios forestales.*

# La dinámica de los mares / 3

De hecho, lo que había provocado la rotura de los cables había sido una avalancha de agua saturada de sedimento o corriente de turbidez, desencadenada por el terremoto y arrastrada a lo largo de la plataforma continental.

Las soleadas aguas que cubren las plataformas continentales poco profundas albergan una rica variedad de especies marinas. Más allá, en las profundidades del océano, la ausencia de luz solar impide el crecimiento de las plantas y las criaturas precisan una adaptación especial para sobrevivir en la penumbra, así como para soportar la intensa presión del agua y las bajísimas temperaturas.

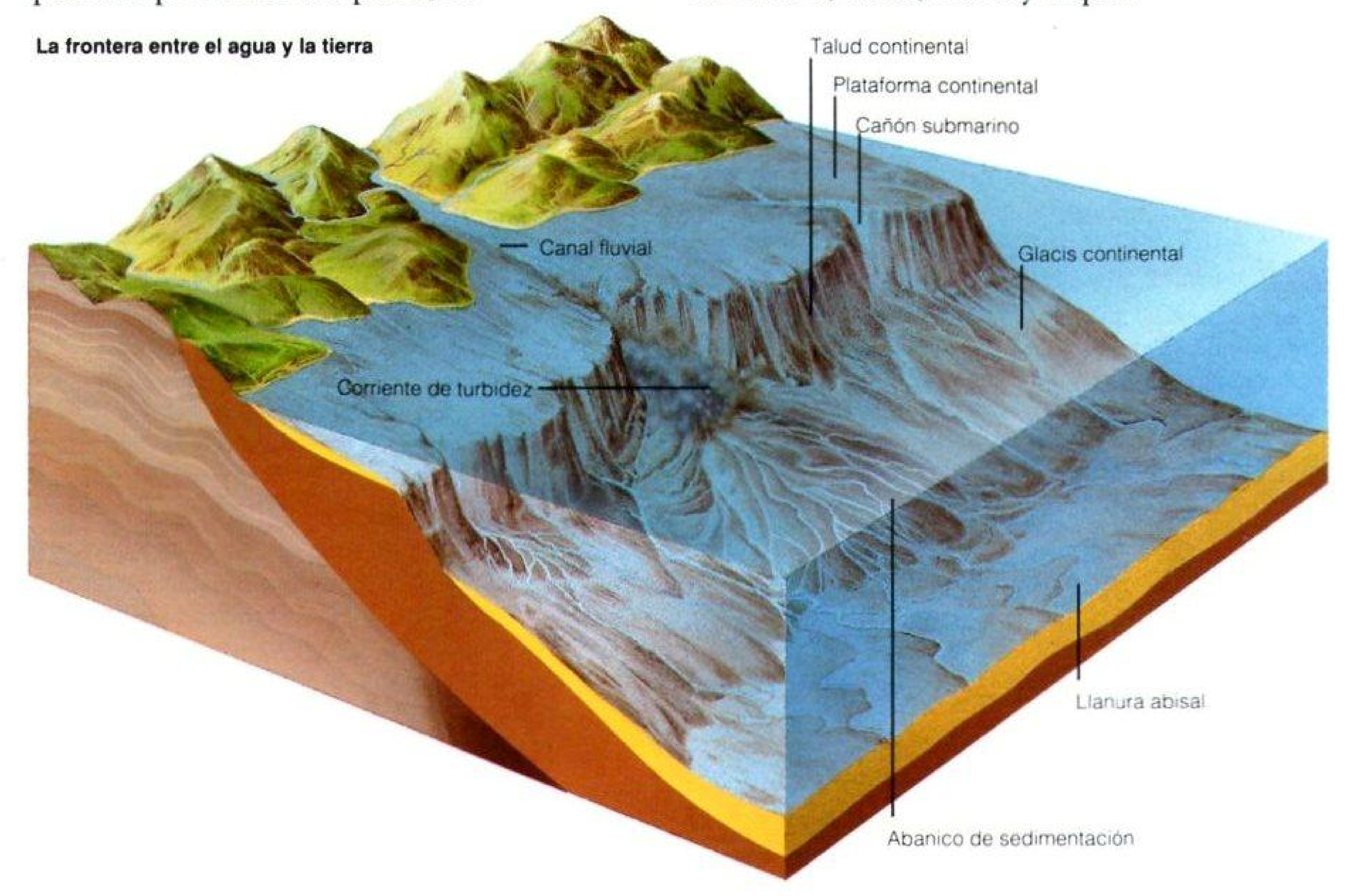
Uno de los recientes descubrimientos realizados frente a las costas de Madagascar consistió en especímenes vivos de celacantos, especie relacionada con los peces pulmonares de agua dulce. Este "fósil marino viviente", antecesor de los primeros vertebrados terrestres, se presumía extinguido desde hace 60 millones de años.

La mayor parte de los lechos marinos del mundo se hallan alfombrados por una gruesa capa de sedimento que puede alcanzar un espesor de 500 a 1.000 metros en los océanos Atlántico y Pacífico. En las fosas oceánicas más profundas, zonas en las que los sedimentos quedan rápidamente atrapados, las acumulaciones llegan a superar los 8 kilómetros. Algunos sedimentos se forman a partir de diminutos fragmentos de roca o grano mineral erosionados en los continentes y transportados hasta el mar por ríos, vientos y hielos. El color de estos sedimentos tiende a ser rojizo o marrón debido a que sus partículas de hierro reaccionan con el oxígeno disuelto en el agua y los cubre de una capa de óxido.

Otros sedimentos constituyen el resultado de miles de millones de diminutas plantas, conchas y esqueletos de animales marinos que habitan en aguas superficiales y que se disuelven al hundise en las aguas frías más profundas. Estos sedimentos cubren amplias zonas del lecho marino con un cieno espeso, suave y calcáreo.

Algunos sedimentos marinos consisten en minerales cristalizados en el agua del mar a partir de reacciones químicas. Entre ellos se incluyen los depósitos calizos y los nódulos de manganeso. Estos últimos son bloques negros y estratificados que se forman a lo largo de una reacción química lenta y que pueden tardar un millar de años en producir especímenes redondeados o aplastados de unos pocos centímetros de diámetro. Pueden llegar a contener entre un 10 y un 30 por ciento de manganeso, así como cantidades significativas de cobalto, cobre, hierro y níquel.

**La frontera entre el agua y la tierra**




***Blandos corales y esponjas*** *adornan las aguas poco profundas del mar del Caribe. Estas criaturas se alimentan de los arrecifes calcáreos construidos por los pétreos corales y algas coralinas.*

*Los delicados y ramificados corales y las esponjas tubulares habitan las zonas más protegidas de dichos arrecifes. Sólo pueden sobrevivir próximos a la superficie de aguas limpias y cálidas.*

*La diversidad de las especies que habitan de los arrecifes de coral es sólo comparable a la de las selvas tropicales.*

***La suave inclinación de la plataforma continental*** *da paso abruptamente a un empinado talud y a un glacis continental hasta alcanzar la enorme llanura abisal a una profundidad de 4 kilómetros.*

*La ladera continental aparece atravesada por profundos cañones submarinos como resultado de las súbitas cascadas de agua densa y fangosa (corrientes de turbidez) que recorren la ladera a velocidades de hasta 80 km/h. Estos torrentes lodosos pueden alcanzar un enorme espesor a medida que el sedimento de la cornisa y la ladera es arrancado y mantenido en suspensión por los terremotos.*

*Algunas corrientes de turbidez han dejado un rastro que une la cornisa continental de Norteamérica con la dorsal Medio–Atlántica.*

*Las corrientes de turbidez transportan fragmentos de plantas y animales que sólo viven en las cornisas poco profundas, lo que explica por qué muchos de sus restos quedan depositados en el núcleo de los sedimentos capturados en el fondo del océano.*



# Los ritmos de las mareas

Los océanos se agitan en un movimiento constante provocado por las corrientes, el oleaje y las mareas. A diferencia de las corrientes y las olas, ambas impulsadas por los vientos y, por tanto, animadas por el Sol, las mareas obedecen a las fuerzas de atracción gravitatoria de la Luna y, en menor medida, del astro rey.

La Tierra y la Luna rotan una vez cada 28 días del mes lunar alrededor de un centro de masa común situado cerca del centro del planeta. Esta rotación excéntrica significa que la fuerza gravitatoria de la Luna produce una protuberancia oceánica en la cara de la Tierra situada frente a ella, a la vez que la fuerza centrífuga inversa produce otra protuberancia similar en la cara opuesta. La Tierra gira bajo ambas protuberancias y las depresiones que los separan, creando el ascenso y descenso cotidiano de las mareas.

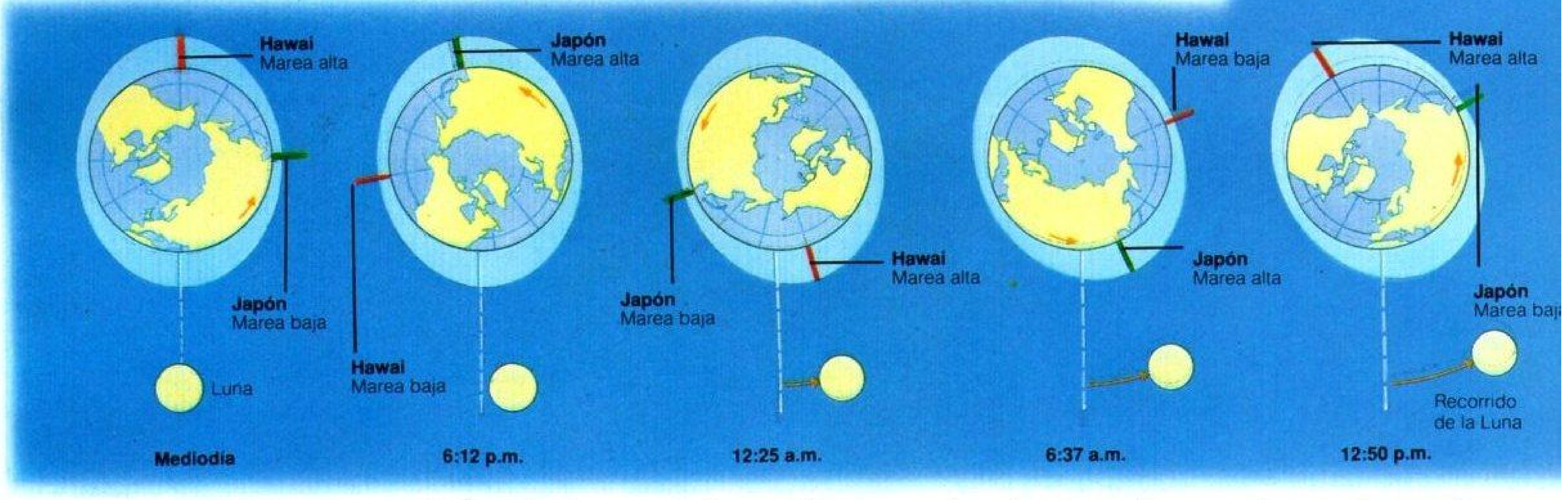
En mar abierto, la acción de la marea apenas llega a producir un metro de diferencia, pero a medida que la protuberancia recorre las plataformas continentales poco profundas, los estrechos o los estuarios, la diferencia en el nivel de agua aumenta. Por el contrario, algunos mares cerrados tales como el Báltico y el Mediterráneo apenas se ven sometidos al influjo de las mareas.

En los estuarios estrechos de amplias mareas, el cuerpo que forma el agua al ascender se encuentra tan concentrado que puede llegar a formar un muro líquido en desplazamiento u onda hidráulica. Las ondas hidráulicas pueden alcanzar una altura de 1,5 m. en el estuario de Severn, en Inglaterra, y de 8 m. en las mareas del río Tsientang, en el norte de China.

Las mareas ejercen una fuerte influencia sobre la distribución vertical de plantas y animales a lo largo de las costas. En las costas rocosas, el bígaro común *(Littorina)* ocupa las zonas más altas, cubiertas tan sólo en horas de marea alta. Bajo ellos habita el bálano *(Balanus)* y, aún más abajo, el mejillón *(Mytilus)*, el cual tan sólo puede sobrevivir expuesto al aire durante períodos relativamente cortos.

Las olas se crean cuando el viento sopla sobre una superficie líquida, acumulándola en crestas que se desplazan en su misma dirección. Las olas engañan a la vista, pues lo que vemos desplazarse es energía, y no agua. Cuanto más larga sea la distancia sobre la que sopla el viento, más potente sea éste y más tiempo lleve soplando, mayores serán las olas.

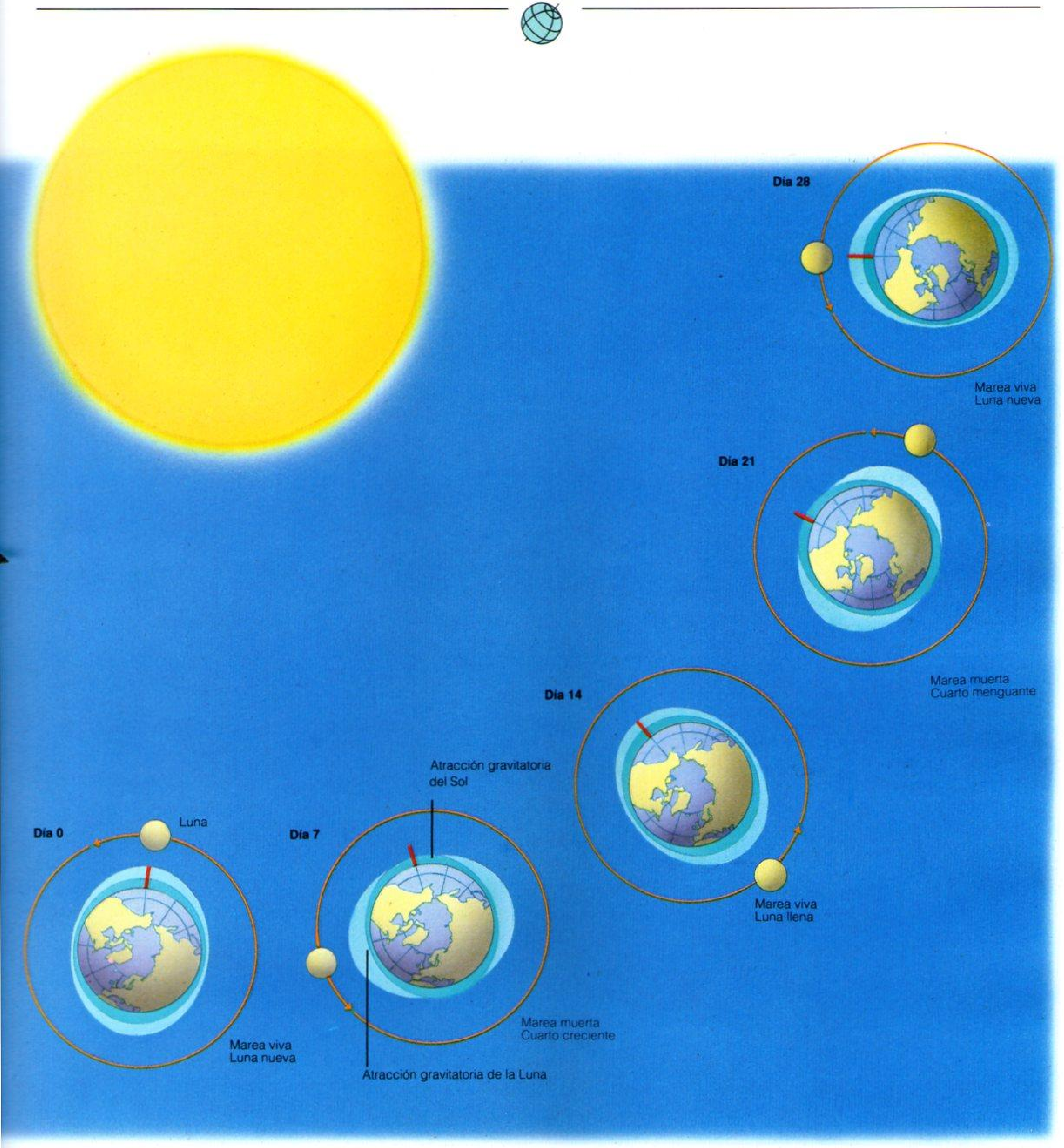
Cuando una ola llega a zonas de agua poco profunda, la elevación del fondo del mar frena el avance de la base, pero no de la cresta, por lo que ésta es impulsada hacia adelante hasta desprenderse del resto, causando la "rotura" de la ola.




***La atracción gravitatoria de la Luna*** *produce dos protuberancias en los océanos de la Tierra, una de ellas sobre la misma cara que contempla y otra sobre la cara opuesta. Dado que la Tierra rota en un ciclo diario de 24 horas, cada punto costero atraviesa ambas protuberancias y ambas depresiones, experimentando así dos mareas altas y dos mareas bajas cada día.*

*La duración del ciclo completo de dos mareas altas en un mismo punto es de 24 horas y 50 minutos. Ello se debe a que la rotación de la Tierra y la órbita de la Luna avanzan en la misma dirección, por lo que la primera debe rotar otros 12 grados para alinearse de nuevo con el satélite.*

*La principal complicación a la hora de predecir las mareas altas y bajas en un punto determinado es que el impulso gravitatorio necesita cierto tiempo para mover el agua, lo que produce una clara diferencia temporal entre el alineamiento lunar y la marea alta.*




***Las mareas siguen un ciclo de 28 días** que refleja los cambios en los alineamientos de la Tierra, la Luna y el Sol y las fuerzas relativas de las atracciones gravitatorias entre los tres cuerpos.*

*El efecto más potente se produce cuando el Sol y la Luna se encuentran alineados, lo que da lugar a las mareas vivas.*

*Las mareas vivas poseen las mayores amplitudes de marea, esto es, las mareas altas más elevadas y las mareas bajas más profundas.*

*Cuando el Sol y la Luna se encuentran en ángulo recto, se producen las mareas muertas, más débiles y dotadas de una menor amplitud de marea: mareas altas menos elevadas y mareas bajas menos profundas. Las mareas vivas son una tercera parte más potentes que las mareas muertas.*

*Asimismo, se producen variaciones adicionales en los ciclos de mareas debido a la forma elíptica de las órbitas de la Luna y la Tierra. Cuando la Luna se encuentra más cercana a la Tierra, las mareas aumentan en un 20%.*

# Los ritmos de las mareas / 2

Las olas pueden romper varias veces antes de extenderse por la playa en forma de espuma.

El desarrollo de una tempestad sobre zonas profundas del océano crea un espectro de olas distintas que se alejan del centro de la tormenta en grupo. Después de recorrer 1.500 kms. o más, dichos grupos se hallan ya bien definidos. Las olas más rápidas que encabezan el grupo son aquellas dotadas de largas crestas paralelas y longitudes de onda uniformes que constituyen la marejada. Así, la llegada de la marejada a la costa suele interpretarse como el anuncio de una tormenta.

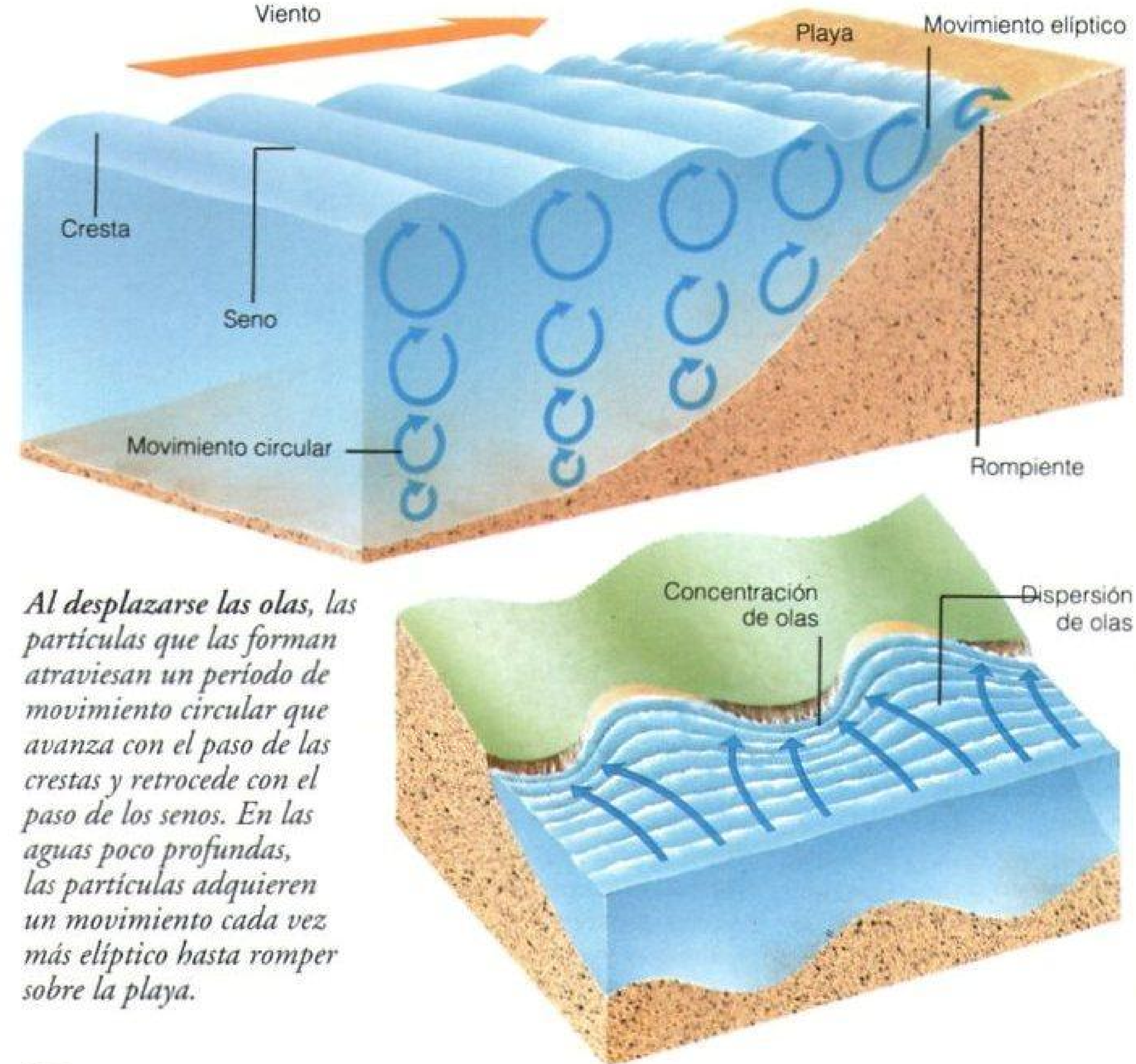
Las mareas y las olas pueden ser aprovechadas para producir electricidad. Si se construye una línea de turbinas reversibles a través de un estuario, las mareas entrantes y salientes impulsarán las mismas.

El aprovechamiento del movimiento vertical de las olas para alimentar un generador eléctrico constituye un objetivo perseguido desde hace varios años. Aparte de las dificultades técnicas que entraña, los progresos realizados se han visto obstaculizados por la incertidumbre acerca de los posibles efectos que sobre la ecología de los hábitats costeros podría ejercer una interferencia del oleaje en gran escala.

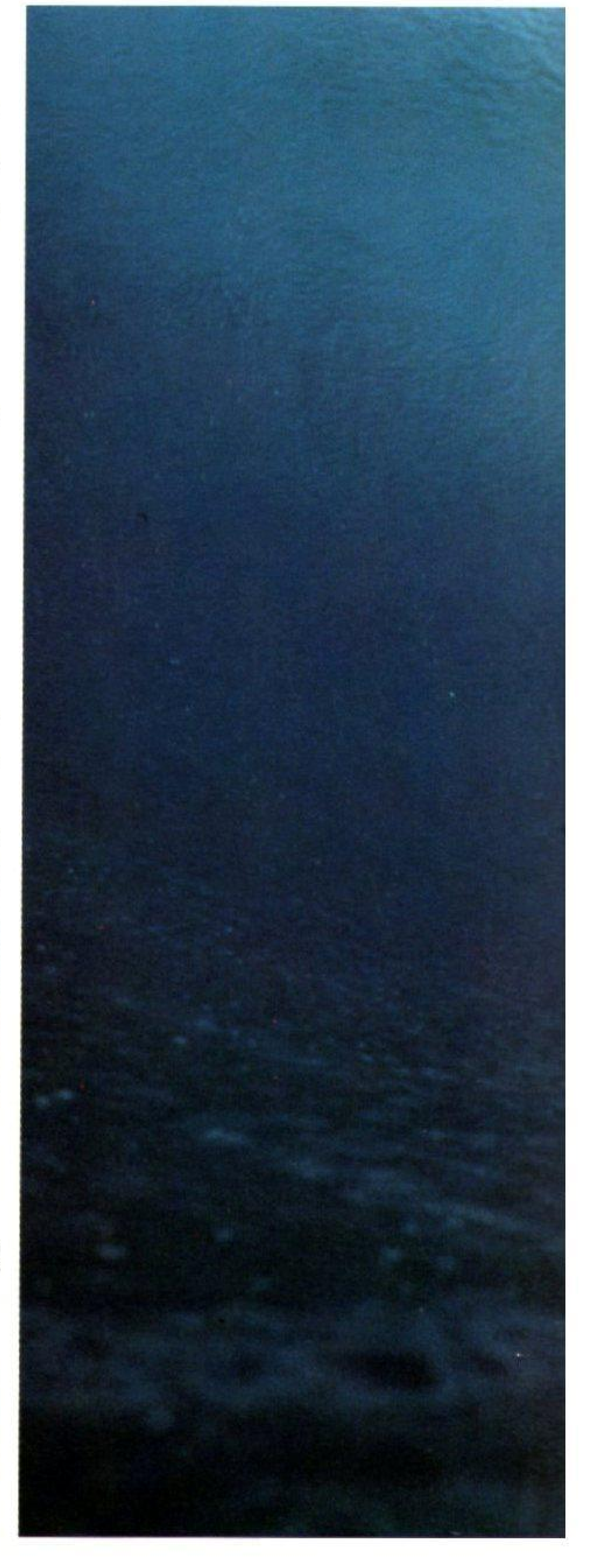
***Un rompimiento hawaiano (derecha).*** *A medida que la ola se eleva sobre la ladera que forma el suelo de la costa, su parte superior se curva y atrapa el aire al derrumbarse sobre la base. La cresta se desplaza a lo largo de la ola creando un tubo que avanza hacia la playa.*

***A menudo, las olas se aproximan a la costa en ángulo*** *para cambiar de dirección al entrar en aguas poco profundas y alcanzar la costa en sentido paralelo.*

*La parte de la ola que aún permanece en aguas profundas viaja más deprisa que la parte que ya ha sobrepasado el borde de la costa. Esto hace que la cresta se incline hasta alcanzar una posición paralela al contorno de la costa. Así, las olas tienden a converger sobre los cabos, a la vez que se esparcen en las bahías.*




***Al desplazarse las olas,*** *las partículas que las forman atraviesan un período de movimiento circular que avanza con el paso de las crestas y retrocede con el paso de los senos. En las aguas poco profundas, las partículas adquieren un movimiento cada vez más elíptico hasta romper sobre la playa.*





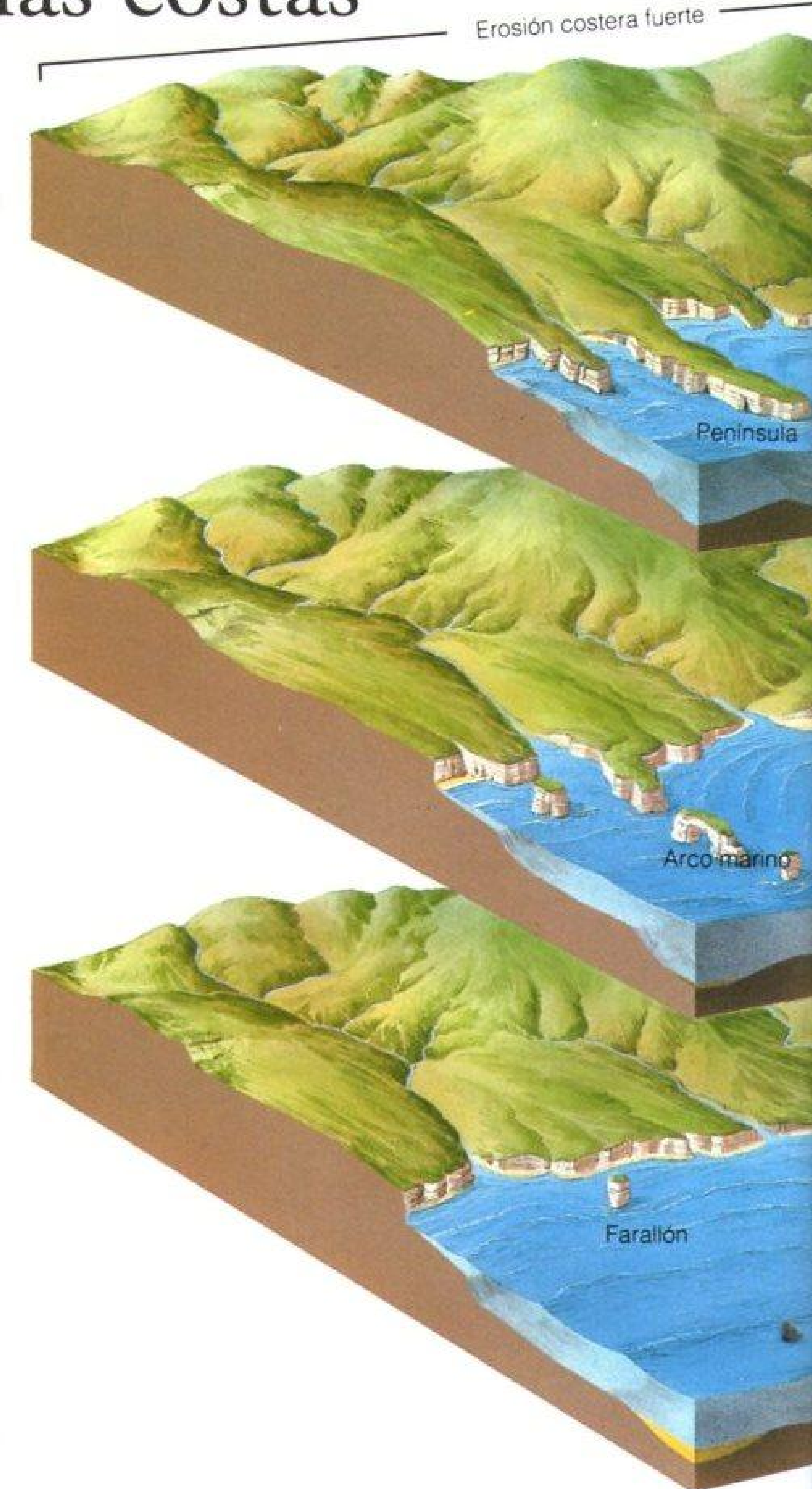
# La evolución de las costas

Durante el período culminante de la última glaciación —ocurrida hace unos 18.000 millones de años— había tanta agua atrapada en inmensas placas de hielo que el nivel del mar era 120 metros más bajo que el de hoy día. A medida que el clima global se fue calentando, las masas de hielo se fundieron y el nivel volvió a subir. Las plataformas continentales se inundaron y surgieron nuevas islas y nuevos mares, entre ellos el mar Báltico y las Islas Británicas.

El nivel del mar alcanzó su nivel actual hace unos 5.000 años. Desde entonces, las costas se han visto expuestas al asalto constante de las olas, las cuales han llegado a erosionar algunas de ellas, obligándolas a retroceder. Otros litorales han resultado beneficiados por los despojos de esta batalla, adentrándose poco a poco en el mar a medida que los sedimentos quedaban depositados formando playas, espigones y barras.

La forma cambiante de las costas refleja la combinación de los procesos marinos con gran número de factores, tales como la dureza de las rocas, la dirección en que se inclinan sus estratos y la existencia en las mismas de puntos débiles tales como junturas y fallas.

La topografía de cada territorio afecta a la forma de su litoral. Si los ríos y glaciares han excavado rutas directas al mar, la costa estará formada por largas penínsulas y profundas rías alineadas en ángulo recto con el litoral: un diseño típicamente del Atlántico que hallamos, por ejemplo, en el oeste de Irlanda. Si existen valles y cordilleras paralelos a la costa,

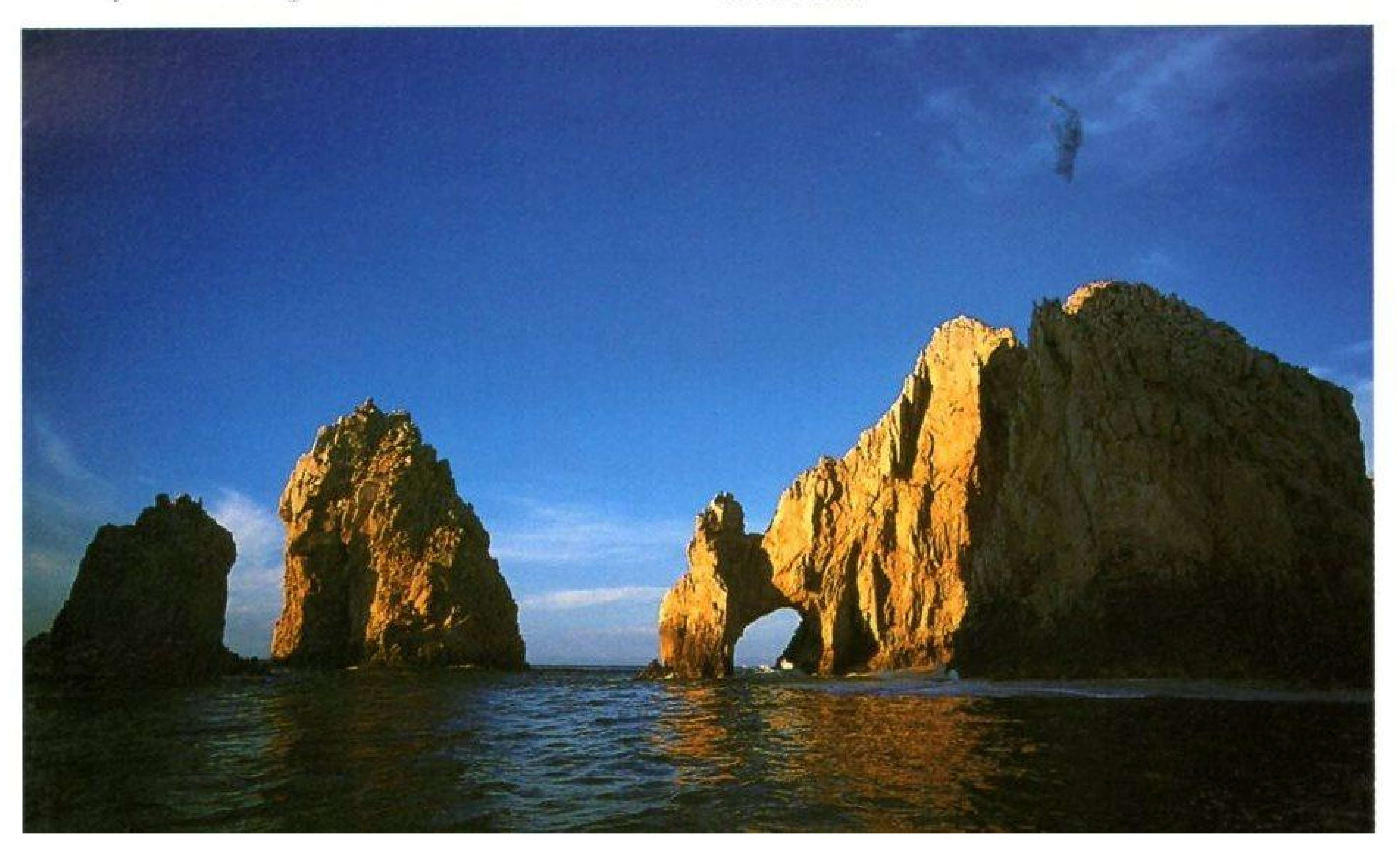



***Dado el tiempo necesario,*** *los procesos marinos llegan a crear suaves líneas costeras en las que se han erosionado los cabos y se han depositado numerosas capas de sedimento sobre las playas. Muchas costas aún no han alcanzado este estado de equilibrio debido a que el nivel del mar no alcanzó su altura actual hasta hace unos 5.000 años.*

*En aquellas zonas en las que las rocas costeras se hallan sometidas a la acción de las olas, la potente erosión termina por excavar altos acantilados y anchas plataformas que producen un rápido retroceso de la línea de playa. Las olas aprovechan las debilidades del acantilado formando cuevas, arcos y farallones.*

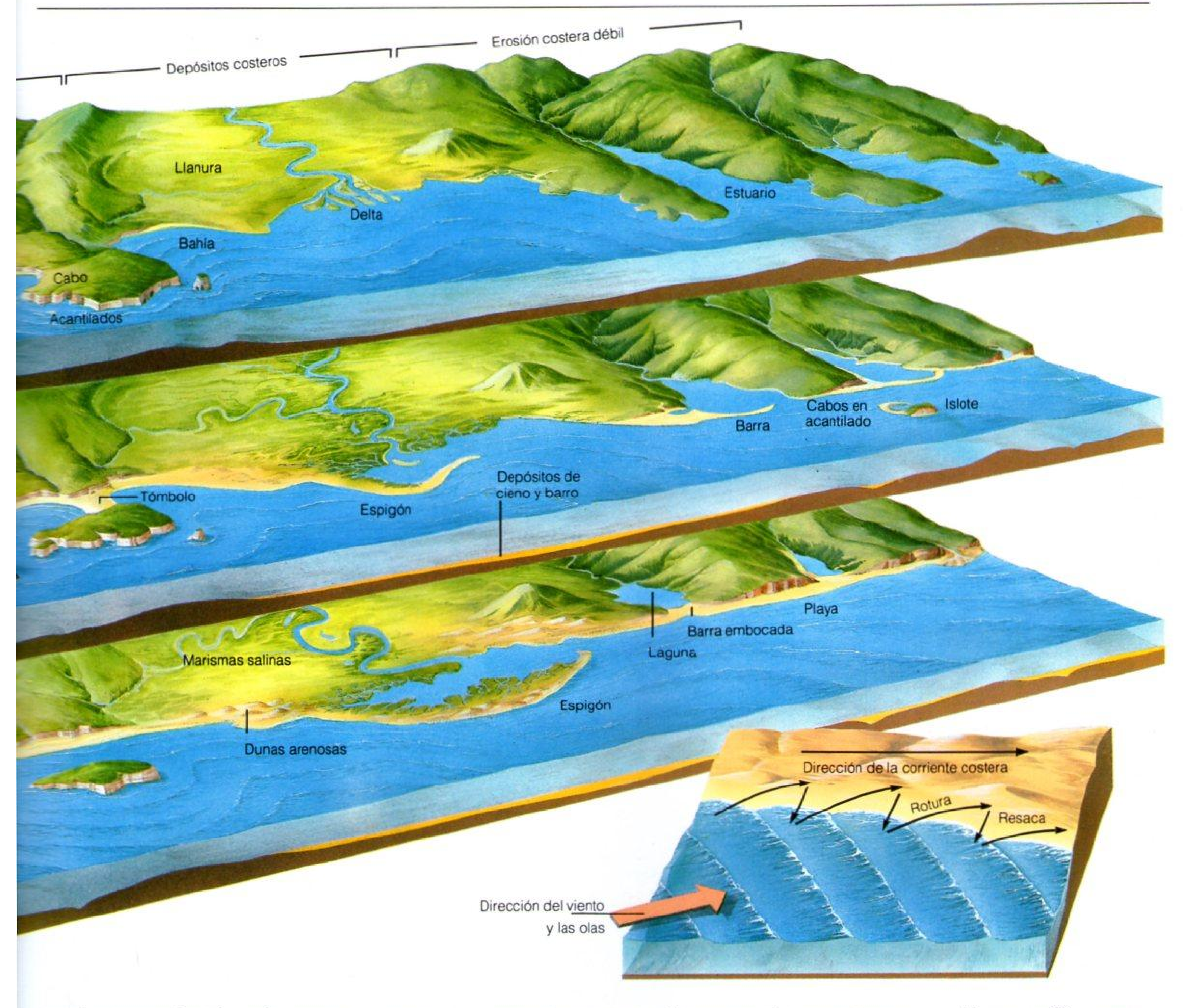
*El material erosionado de los acantilados se mezcla con los sedimentos arrastrados hasta el litoral desde el lecho marino y los transportados por los ríos, formando playas, espigones, barras y tómbolos, situados a menudo junto a dunas arenosas y marismas salinas.*

*En las zonas en que los ataques de las olas son débiles y la roca es resistente, la erosión es leve y los cabos se ven lentamente truncados. Así, pueden desarrollarse espigones y barras a través de los estuarios, creando lagunas que ayudan a enderezar la línea de costa.*



***Las grietas de los acantilados*** *pueden ensancharse por la acción de las olas hasta formar cuevas. Posteriormente, éstas se agrandan al derrumbarse sus bóvedas por el efecto explosivo del aire atrapado en su interior y sometido a la tremenda presión de las olas.*

*Cuando dos cuevas se abren a ambos lados de un cabo, se crea un arco marino. Al derrumbarse el dintel, se forma un farallón que se aisla del cabo, como de este ejemplo, situado en el cabo San Lucas, en la Baja California.*




predominarán las islas y los pequeños mares interiores, tal y como observamos en los tipos de costa Pacífica y Dálmata.

Las olas agreden las costas de diversos modos. Cuando la masa de agua de una ola poderosa golpea un acantilado, la pared del mismo ha de soportar una fuerza considerable. Las olas rompientes abren una extensa red de finas grietas.

Las fisuras se hacen más profundas y llegan a liberar algunos bloques, los cuales se precipitan hasta la base del acantilado, creando en ella una estrecha muesca que va agrandándose hasta formar una plataforma costera horizontal. El socavamiento del acantilado produce más desprendimientos de roca, y la plataforma costera queda cubierta por una capa de material desmenuzado y disperso que posteriormente se descompondrá en guijarros que serán lanzados por las olas contra el muro del acantilado. Los guijarros y la arena desgastan la base del acantilado y erosionan la plataforma costera.

No todas las costas se vieron sumergidas al elevarse el nivel del mar tras el final de la última glaciación. Algunas de ellas están emergiendo actualmente del mar debido al impulso que les proporciona la actividad volcánica y sísmica. Numerosos territorios septentrionales han experimentado un efecto de rebote tras verse liberados del peso de las placas de hielo. El norte de Escandinavia, otrora cubierto por una capa de hielo de hasta dos kilómetros y medio de espesor, emerge del mar al ritmo de un centímetro anual.

***Al romper oblicuamente contra una playa empinada**, las olas impulsan la arena y los guijarros en sentido diagonal. La resaca, producida por la gravedad, arrastra el sedimento playa abajo en ángulo recto con la línea de costa.*

*Así, las sucesivas olas desplazan el sedimento en zigzag. A lo largo de las costas con un lecho irregular, las diferencias de altura de las olas hacen que el agua se desplace desde las zonas altas a las bajas, creando una corriente costera que arrastra los sedimentos.*

# La evolución de las costas / 2

Se trata de zonas llanas apropiadas para la construcción de carreteras y casas, pero poseen un aspecto peculiar, salpicadas como están de acantilados, cuevas y farallones marinos. Tales rasgos resultan evidentes en algunas partes del oeste de Escocia, de la costa báltica y de las costas árticas de Norteamérica.

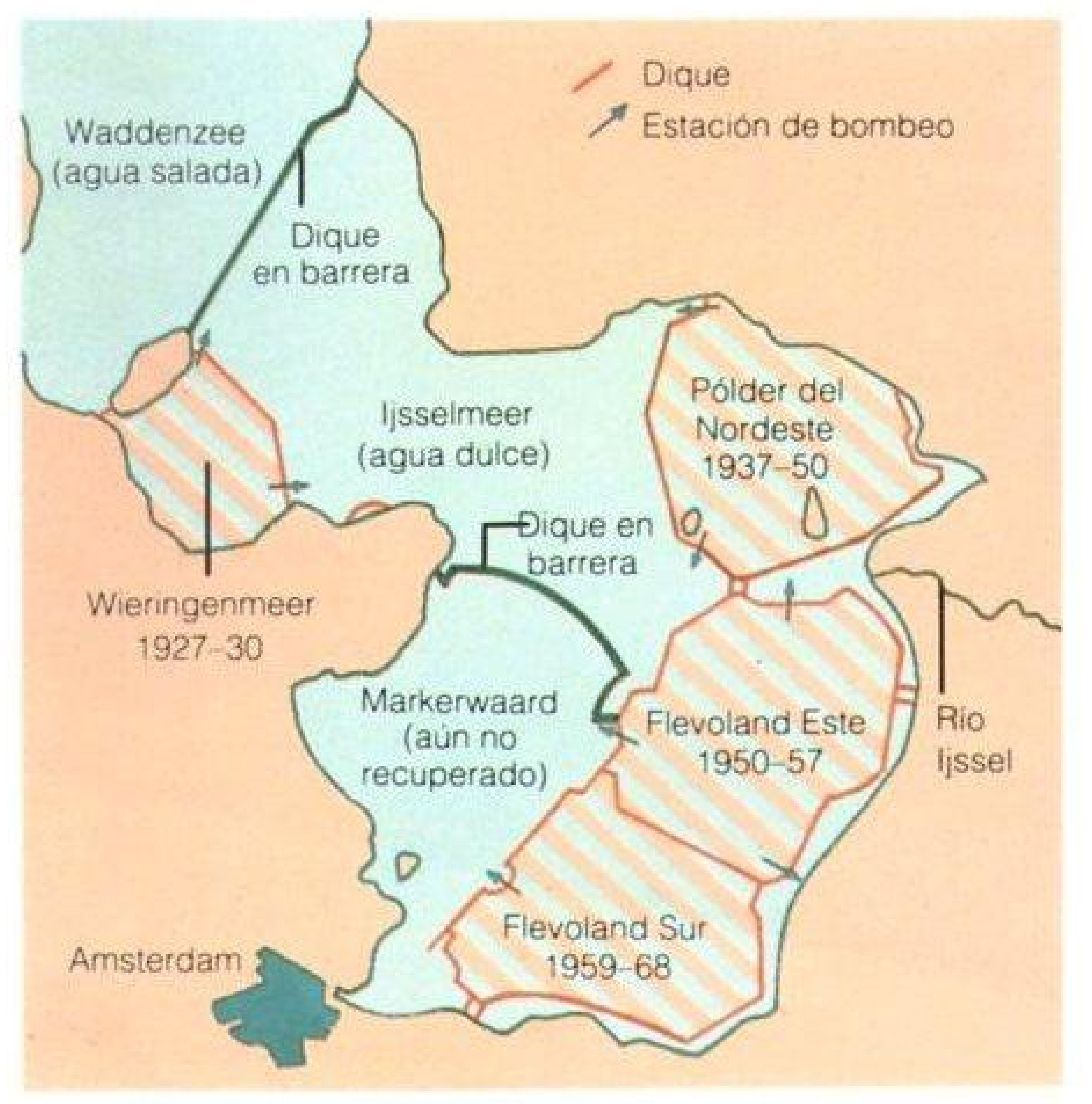
Las costas que avanzan hacia el mar poseen a menudo una suave inclinación, ya que las olas rompen antes de alcanzar la playa, apilando en ésta montones de arena con los que forman barras. Dichas barras, paralelas a la costa, pueden llegar a convertirse en islas cubiertas a menudo por dunas de arena. Las aguas poco profundas que separan la barra de la costa quedan aisladas del mar y forman una laguna.

Con el paso del tiempo, la laguna se llena de barro y cieno procedentes de los arroyos que en ella desembocan y se crean marismas salinas. Las islas que forman barreras pueden hallarse situadas a muchas millas de la costa, tal y como podemos observar frente a las costas septentrionales de Holanda. Las costas de barrera comprenden la octava parte de las costas del mundo, incluyendo el este de Estados Unidos y el golfo de México.

Para proteger las costas amenazadas por la erosión, suelen construirse enormes y costosos muros verticales rematados por un borde en forma de labio que a menudo se agrietan y se derrumban durante las tormentas más violentas debido a que el muro concentra la energía de las olas sobre su superficie en lugar de disiparla. Las olas devueltas por el muro hacia el mar abierto pueden producir una erosión excesiva de la playa, exponiendo los cimientos del mismo.

La retirada irresponsable de arena de playa o de sedimentos para uso en construcción puede asimismo afectar a la erosión costera. Estas arenas y guijarros fueron producidos en gran parte por la erosión de ríos y glaciares durante la última glaciación y depositadas sobre un territorio hoy cubierto por el mar. Al subir el nivel del océano, las aguas erosionaron aún más estos sedimentos, empujando parte de ellos hasta la costa para formar playas y modelando el resto en forma de barras marinas. Las pérdidas de material debidas a las corrientes costeras se ven reemplazadas por las tormentas, que transfieren sedimentos procedentes de dichas barras.

En 1897, se retiraron unas 650.000 toneladas de guijarros frente a la aldea de Hallsands, situado en Devon, en Inglaterra, para suministrar material a los astilleros de Plymouth. Aquel pueblo costero se hallaba protegido por una enorme playa de guijarros, pero al cabo de unos pocos años el nivel de la playa había descendido 4 metros. A falta de una playa que protegiera el pueblo del azote del mar, las olas de tormenta comenzaron a socavar los cimientos de calles y casas, destruyendo estas últimas.






***Esta imagen espacial** nos muestra el orgullo de una nación, Holanda, tras varios años de reclamar territorios que le fueron arrebatados por el mar. Aunque el país va ganando la batalla, ha sufrido diversas derrotas, tales como las inundaciones del mar del Norte, que en 1953 ocasionaron la muerte de 1.835 personas y dejaron sin hogar a otras 100.000. Más de la tercera parte del país descansa bajo el nivel del mar, y una de cada cuatro personas vive asimismo bajo el nivel del mar.*

*A lo largo de los últimos 800 años, se han ganado unos 7.770 km² al mar. El mayor proyecto realizado transformó el Zuider Zee en un lago de agua dulce, el Ijsselmeer. Dicho objetivo se logró al construir un dique de 32 km de longitud.*

*En la fotografía vemos coloreado de verde oscuro el pólder de Markerwaard durante su primera fase. El Pólder del Nordeste —salpicado de rojo y verde— y los Flevolands gemelos fueron colonizados hace mucho más tiempo. Los holandeses se han propuesto como misión a largo plazo la recuperación del Waddenzee, las marismas situadas al norte de la barrera del Ijsselmeer, por medio de la construcción de barreras que unan entre sí las islas Frisias del oeste.*



# Islas de coral

Las hermosas islas de arrecifes tropicales rodeadas de playas arenosas llenas de palmeras y bordeadas por la blanca espuma de las olas se crean a partir de millones de pequeños organismos segregadores de calcio denominados pólipos coralinos. Durante muchos miles de años, enormes colonias de estos animales marinos y diminutas plantas llamadas algas coralinas han fabricado piedra caliza a partir del agua de mar y construido arrecifes situados directamente bajo la superficie. A continuación, sobre dichas plataformas de caliza se han formado pequeñas islas construidas con arena y desechos de los arrecifes vivientes erosionados por la acción de las olas. A lo largo del tiempo, estas islas han ido viéndose colonizadas por hierbas, matorrales, palmeras y mangles.

El coral es un pequeño pólipo emparentado con la anémona marina. Inicia su vida en forma de larva flotante, pero al cabo llega a asentarse en un lugar determinado hasta que alcanza su edad adulta, momento en el que construye un tubo calizo de coral. Los pólipos coralinos viven en grandes colonias, y cuando uno de ellos muere, su esqueleto proporciona los cimientos necesarios para la implantación de un nuevo individuo. De este modo, el arrecife sigue creciendo hasta el límite de la marea baja.

El pólipo coralino vive en asociación simbiótica con algas marrones fotosintetizadoras llamadas zooxanthellae. El coral suministra a las algas un entorno protegido sobre la superficie interior del tubo del pólipo; a cambio, las algas satisfacen muchas de las necesidades nutricionales del coral y renuevan el oxígeno del agua por medio de la fotosíntesis. Sobre los corales viven también algas rojas que segregan caliza y contribuyen a la construcción del arrecife.

Los arrecifes de coral se dan únicamente en mares cálidos y poco profundos. El agua debe ser limpia, de tal manera que la luz pueda alcanzar las algas fotosintetizadoras. Su crecimiento se desarrolla fundamentalmente a menos de 20 metros de la superficie, y rara vez se extiende más allá de los 45 metros.

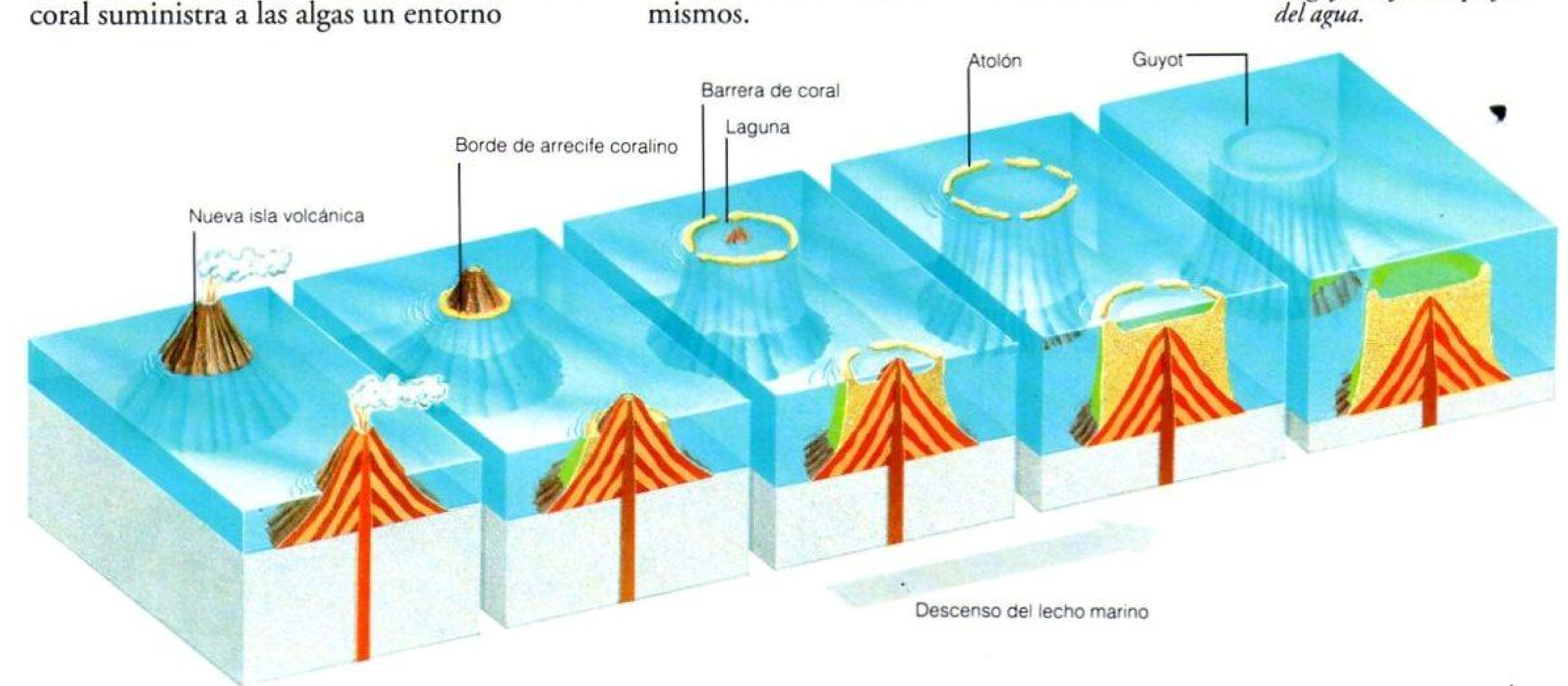
Casi 3.000 arrecifes coralinos individuales forman la mayor estructura de esta clase existente en el planeta, la Gran Barrera de Arrecifes que se extiende paralelamente a la cornisa continental australiana a lo largo de 2.000 kilómetros. El arrecife alberga el más rico ecosistema del planeta, incluyendo una tercera parte de todas las especies de peces conocidas.

Los arrecifes de coral están sometidos al ataque de espinosas estrellas de mar que devoran los pólipos. Aparentemente, el aumento de nutrientes procedentes de los fertilizantes agrícolas y los vertidos de las alcantarillas aumenta las posibilidades de supervivencia de las larvas de estrella de mar. Asimismo, la explotación minera de los arrecifes y los efectos del turismo y la pesca comercial contribuyen a la destrucción de los mismos.

***Las islas Ihuru** forman parte de una cedena de casi 2.000 arrecifes y atolones de coral que forman las islas Maldivas del océano Índico.*

*La concentración cada vez mayor de gases de invernadero en la atmósfera está produciendo un calentamiento de los océanos. Como resultado, el agua se expande, y el nivel de los mares se eleva, amenazando con sumergir estas islas.*

***En 1837,** Charles Darwin sugirió que los arrecifes coralinos se formaban inicialmente en torno a las islas volcánicas. A medida que el crecimiento del coral se adapta al descenso del lecho marino y de la isla volcánica y al aumento del nivel del mar, el borde del arrecife forma una barrera entre la laguna interior y la isla. El lecho marino desciende y la isla desaparece, dejando a su paso un arrecife o atolón de forma circular que rodea la laguna. Todo ello termina a su vez por desaparecer, formando un guyot bajo la superficie del agua.*





# La envoltura atmosférica

La atmósfera de la Tierra resulta esencial para nuestra supervivencia, no sólo porque nos suministra el oxígeno vital para la misma sino también porque nos protege contra las radiaciones perjudiciales y los escombros galácticos. La atmósfera constituye un medio móvil para la circulación del agua y de nutrientes vitales, y mantiene estable el estrecho margen de temperaturas superficiales a las que puede vivir el ser humano.

Entre los gases que forman la envoltura atmosférica se incluyen el nitrógeno (78,08% de su volumen), el oxígeno (20,95%), el argón (0,93%) y el dióxido de carbono (0,036%). El vapor de agua se encuentra presente en cantidades variables, y hay vestigios de gases tales como neón, hidrógeno, helio, ozono, metano y óxido nitroso. Existen diversos gases —entre los que se incluyen el vapor de agua y el dióxido de carbono— denominados de invernadero debido a que atrapan cierta porción de la radiación infrarroja que despide la Tierra y la devuelven a la superficie, manteniéndola así más cálida de lo normal.

La atmósfera no es una única masa amorfa. Por el contrario, consta de varias capas. La capa más cercana a la tierra —o troposfera— es la más húmeda. La siguiente —llamada estratosfera— es seca y contiene grandes cantidades de ozono, el cual protege la vida sobre el planeta, ya que absorbe la mayor parte de los dañinos rayos ultravioleta procedentes del Sol.

Sobre la estratosfera descansa la fría e inhóspita mesosfera. Aunque sus porcentajes de nitrógeno y oxígeno son similares a los del aire a nivel del mar, la densidad de dichos gases es tan leve que un ser humano no sobreviviría mucho tiempo en ella. Cada aspiración contendría muchas menos moléculas de oxígeno, lo que no tardaría en causar asfixia, y la exposición a los rayos ultravioleta solares produciría graves quemaduras.

La parte superior de la mesosfera es la región más fría de la atmósfera (–90°C), y a veces aparece adornada por nubes noctilucentes: plateados rizos que, tras el ocaso, brillan iluminados en el cielo por la luz solar que les llega del horizonte.

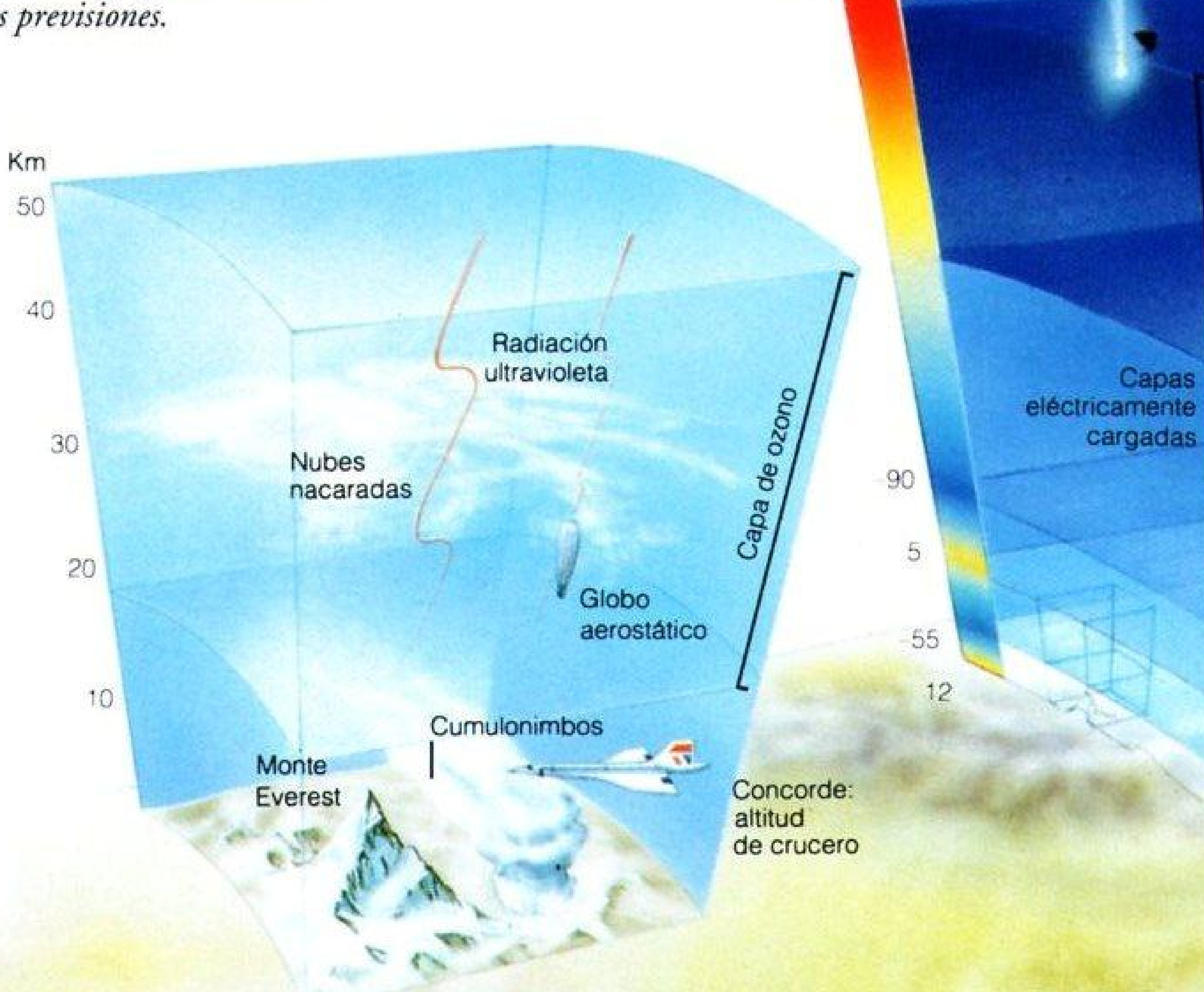
Por encima de los 80 km se extiende la termosfera, intensamente caliente, seguida a 480 km por la enrarecida exosfera, la cual se funde con el espacio exterior a medida que las moléculas de aire se tornan cada vez más escasas.

***La troposfera** es la capa atmosférica más baja y delgada, y contiene prácticamente toda la humedad de la atmósfera y, por tanto, todas las variaciones climáticas, las nubes, la lluvia y la nieve. A veces, diminutas cantidades de humedad escapan a la capa siguiente, la seca estratosfera, lo que tiene como resultado la formación a altitudes de entre 20–30 kms. de nubes de tipo cirro llamadas nubes nacaradas debido a su iridiscencia.*

*Diariamente obtenemos información acerca de la presión, temperatura y humedad de estas dos capas mediante instrumentos llamados radiosondas que viajan unidos a globos aerostáticos. A medida que los globos ascienden, la radio que transportan transmite a la superficie importantes datos de los que se sirven los meteorólogos para elaborar sus previsiones.*

°C

165





Exosfera
Km
800
700
600
Meteoritos
Auroras superiores
500
Satélite militar de inteligencia
400
300
Radiación ultravioleta
Termosfera
200
Auroras inferiores
100
Nubes noctilucentes
Reentrada de lanzadera espacial
Nubes nacaradas
Mesosfera
Capa de ozono
Estratosfera
Troposfera

***La envoltura de gases** que forma la atmósfera es notablemente delgada si se compara con el tamaño del planeta, especialmente si tenemos en cuenta el papel fundamental que desempeña para el sostenimiento de la vida sobre la Tierra.*

*Aunque la atmósfera se extiende hasta una altura de 2.400 km sobre la superficie terrestre, el 75% de la masa total de aire —así como prácticamente la totalidad de la humedad— se encuentra contenida en los 16 km más cercanos a ella. Esta capa se denomina troposfera.*

*Sobre la mesosfera y termosfera se extiende una capa electrificada, la ionosfera. La radiación entrante desprende electrones de los átomos, produciendo una mezcla de átomos con carga positiva (iones) y electrones libres concentrados en capas.*

*Estas capas eléctricamente cargadas, que por la noche crean un leve fulgor en el cielo, se utilizan en las emisiones de radio, ya que reflejan las ondas de radio hasta puntos alejados que de otro modo no las recibirían, ya que dichas ondas viajan en línea recta mientras que la Tierra tiene forma de esfera.*

*La ionosfera suele verse iluminada por auroras de brillantes colores desencadenadas por las partículas eléctricamente cargadas que las erupciones solares envían a la Tierra. Estas partículas se agrupan en torno a los polos magnéticos, y allí colisionan con las moléculas y átomos de la ionosfera provocando una descarga de energía en forma de luces coloreadas en distintos tonos.*

# Paisajes de nubes

Las nubes constituyen el testimonio visible del funcionamiento de la máquina de calor atmosférica. Nos revelan, por ejemplo, la elevación del aire cuando el Sol caldea la superficie terrestre. Su forma y grosor nos proporcionan asimismo indicaciones acerca de la temperatura y humedad del mismo. Dado que transportan las lluvias necesarias para el sostenimiento de la vida, las nubes forman una parte esencial del ciclo del agua en el planeta. Sus movimientos indican la dirección y velocidad de los vientos a medida que éstos trasladan el aire caliente en dirección a los polos y el aire frío hacia el ecuador a lo largo del mecanismo global de transferencia de energía.

Las nubes se componen de millones de diminutas gotitas o partículas de hielo suspendidas en la atmósfera. Se forman cuando la humedad del aire —en forma de vapor de agua— se aproxima a su punto de saturación. Si el aire contiene sales marinas o partículas minerales, el vapor se deposita alrededor de dichas partículas y forma una gota. Este proceso se llama condensación. Si la temperatura es muy inferior a la de congelación, el vapor de agua puede congelarse directamente, creando así una partícula de hielo a lo largo de un proceso conocido como sublimación.

Existen numerosos procesos que impulsan al aire a aproximarse a su punto de saturación. El calentamiento de la superficie produce una elevación de las burbujas de aire. Dado que la presión del aire decrece con la altura, dichas burbujas se expanden. Su expansión trae consigo un enfriamiento gradual hasta que el aire alcanza su temperatura de saturación y condensación, creando a esa altura las gotitas de agua que forman la base sobre la que se desarrolla la futura nube.

Este enfriamiento expansivo del aire que provoca el punto de saturación puede producirse cuando el aire es obligado a desplazarse sobre una colina. Cuanto más elevada sea ésta, más probable será que sus cumbres aparezcan envueltas por estratos o nieblas. Un proceso de enfriamiento similar se produce cuando el aire caliente es forzado a desplazarse sobre una cuña de aire denso y frío, por ejemplo a lo largo del frente cálido de una tormenta de latitud media. El resultado es una ancha franja formada por varias capas de nubes. Igualmente, a medida que el aire húmedo y cálido es impulsado hacia arriba por la cuña de aire frío se forman franjas más estrechas de nubes —entre ellas los cumulonimbos— a lo largo de los frentes fríos de la tormenta.

**Cómo se forman las nubes**

Viento
Nivel de condensación
Las burbujas de aire caliente se elevan sobre la superficie
Formación de pequeños cúmulos
Viento
Corriente térmica
La nube se separa de las burbujas ascendentes y se aleja
Viento
Formación de nuevas burbujas

***En cualquier día soleado,*** *el aire caliente en contacto con la superficie caldeada se eleva y genera una rápida corriente ascendente de burbujas de aire.*

*A medida que la presión del aire disminuye con la altura, las burbujas ascendentes se expanden, lo que produce su enfriamiento. Al enfriarse, el aire se aproxima a su punto de saturación, lo que significa que su humedad gaseosa se condensa en forma de gotas.*

*La altura a la que tiene lugar dicho proceso se denomina nivel de condensación, y señala la altitud a la que comienzan a desarrollarse los cúmulos. Finalmente, el viento separa la nube de la corriente de burbujas ascendentes y ésta inicia su viaje.*

*Cuando las nubes son penetradas por una sucesión de burbujas ascendentes, pueden crecer tanto vertical como lateralmente. Al cesar la corriente de burbujas al caer la tarde, las nubes comienzan a disiparse.*



**Tipos de nubes**

km
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

Cirros
Cirroestratos
Cirrocúmulos
Altoestratos
Altocúmulos
Estratocúmulos
Cumulonimbos
Cúmulos
Nimboestratos
Estratos

***La forma de las nubes*** *y la altitud a la que se forman nos permiten reconocer los diez tipos básicos de nubes.*

*Los* ***cúmulos*** *son pequeñas nubes blancas y algodonosas que se forman en los días soleados del verano. Muestran un crecimiento vertical limitado, pero pueden transformarse en turbulentos* ***cumulonimbos*** *que ascienden hasta los límites de la troposfera. Las ráfagas de viento ensanchan su corona en forma de yunque. Producen lluvias tormentosas, granizo y nieve, a la vez que truenos y relámpagos.*

*Los* ***estratos*** *se forman a poca altura. Son nubes grises y uniformes que a menudo producen lloviznas.*

*Los* ***estratocúmulos*** *aparecen en forma de nubes bajas y apelmazadas con franjas de luz y sombra.*

*Los* ***nimboestratos*** *son tenebrosas nubes de lluvia que permanecen a corta distancia del suelo.*

*Los* ***altocúmulos*** *son nubes situadas a media altura que se componen de islotes de segmentos nubosos que crean un cielo aborregado.*

*Los* ***altoestratos*** *son nubes grisáceas de mediana altura que oscurecen ligeramente el Sol, proporcionándole un aspecto acuoso.*

*Los* ***cirros****, formados en la parte superior de la troposfera, son finas nubes blancas a las que el viento proporciona forma de mechones de cabello, clavos y colas de caballo.*

*Los* ***cirrocúmulos*** *son altas nubes de hielo formadas por pequeños mechones redondeados que les proporcionan un aspecto rizado y arrugado.*

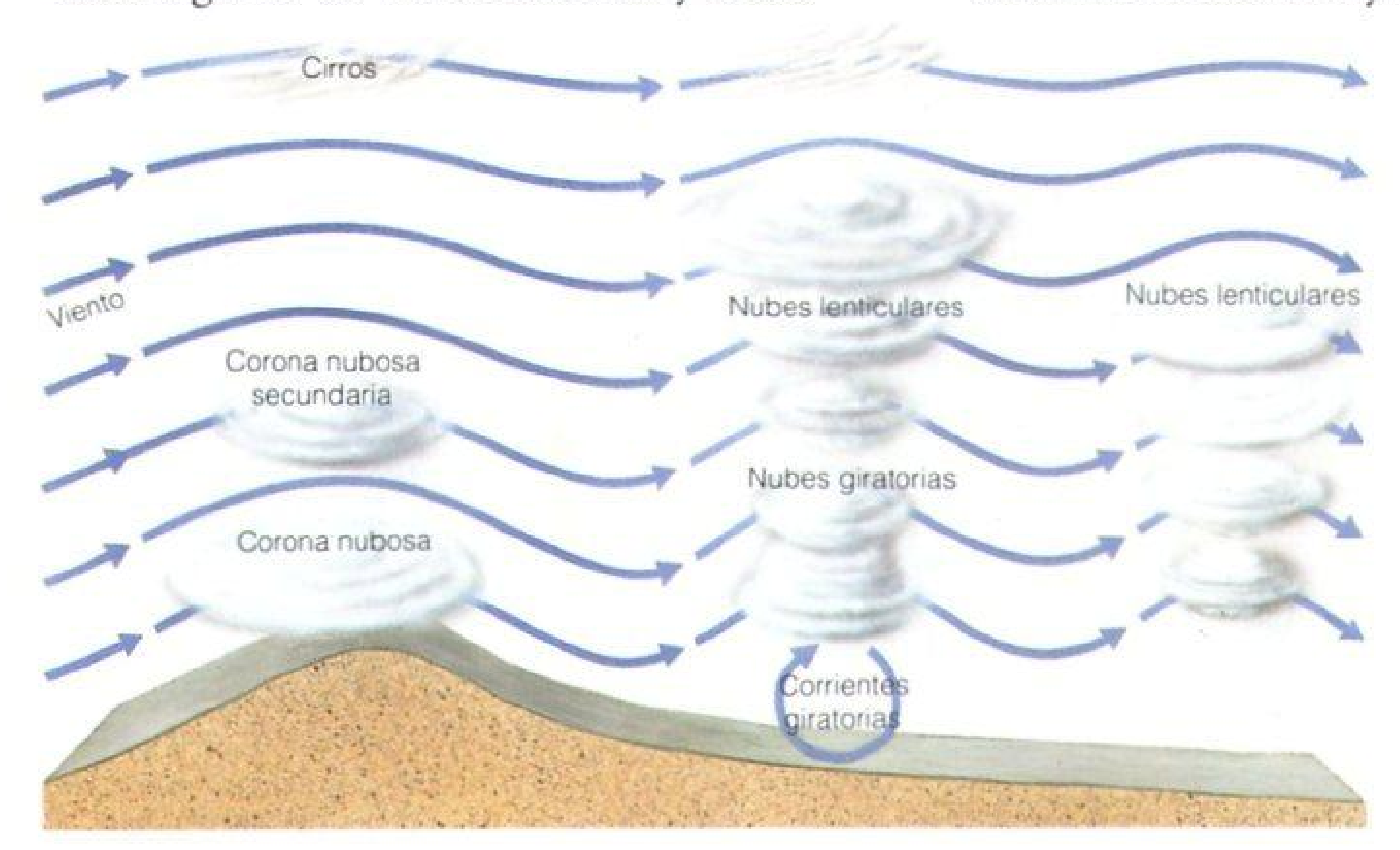
*Los* ***cirroestratos*** *son extensas y delgadas nubes altas. Sus cristales de hielo dispersan la luz y crean un halo en torno al Sol y a la Luna .*

# Paisajes de nubes / 2

En tales circunstancias se crean enormes cantidades de humedad y de núcleos de condensación, así como fuertes corrientes de aire ascendente.

Bajo un cielo despejado, el enfriamiento nocturno del aire sobre la superficie puede aproximar el aire a su punto de condensación, provocando la formación de gotas diminutas. La niebla resultante no es sino una nube pegada al suelo. Cuando el enfriamiento nocturno tiene lugar en un valle, el aire frío y denso desciende por las laderas creando una espesa niebla en el fondo del mismo. Las partículas de humo procedentes de las chimeneas constituyen magníficos núcleos de condensación, y la niebla resultante puede llegar a constituir un peligro para la circulación y provocar problemas respiratorios.

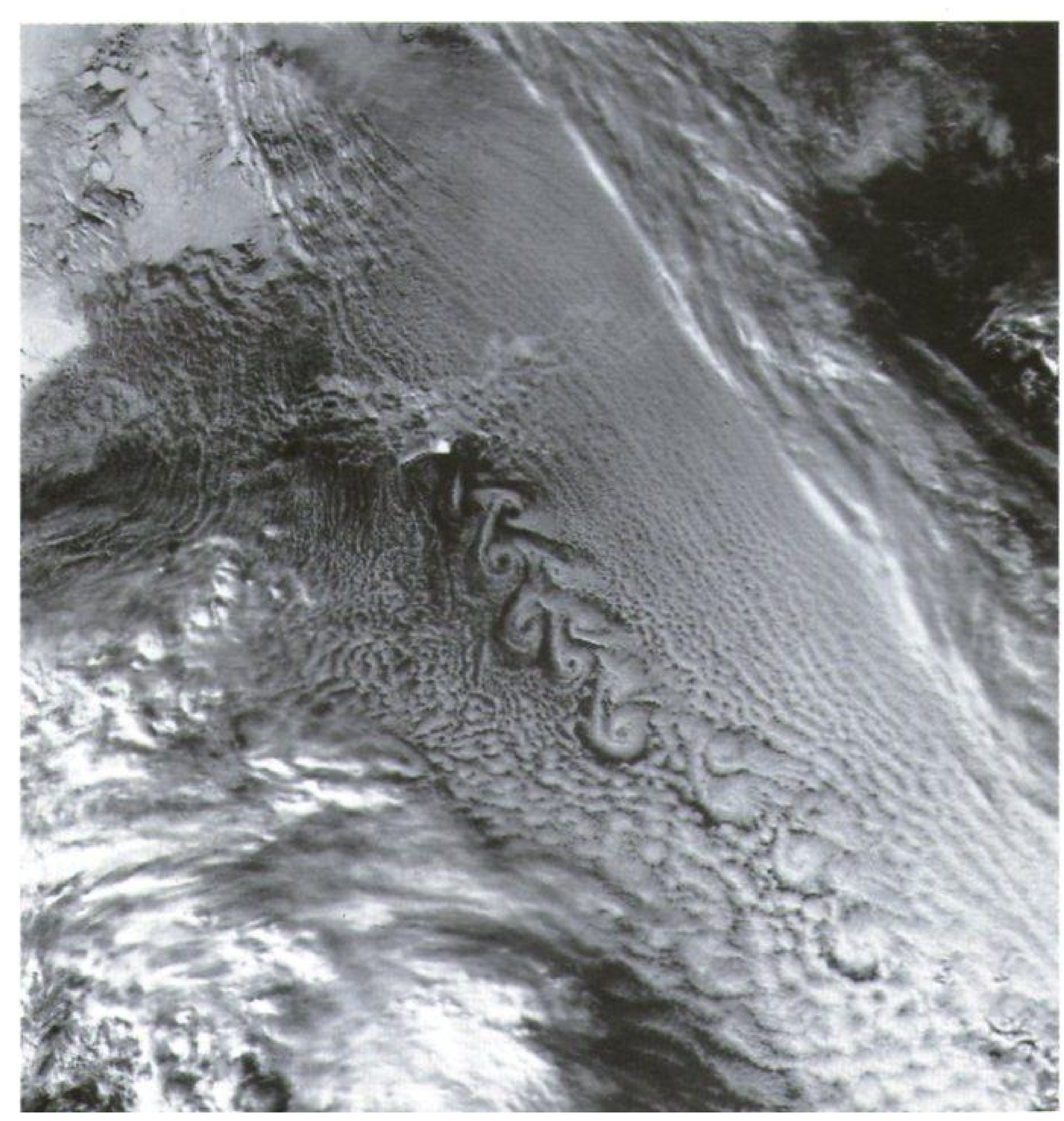
Las nubes adoptan numerosas formas, si bien se agrupan en diez tipos básicos dependiendo de su forma y altitud. Los cumulonimbos son nubes de tormenta cuya parte superior muestra




***El ascenso forzado del aire húmedo*** *sobre las cordilleras provoca su condensación, creando una corona de nubes. El aire que desciende por las laderas de sotavento resulta comprimido por el aumento de la presión.*

*El ascenso y descenso del aire sobre una montaña puede iniciar una corriente de vientos ondulados bajo los que se crea una corriente giratoria. A medida que el aire asciende en dirección a las cumbres, se enfría y condensa, creando pequeñas nubes lenticulares.*

*Cuando existen capas diferenciadas de aire seco y húmedo sobre las montañas se crean capas sucesivas de nubes que forman coronas secundarias y, a mayor altura, mantos de cirros.*





***El aire frío y denso escapa*** *de Groenlandia y atraviesa el mar helado. Cuando alcanza mares más cálidos, se forman nubes poco espesas que se alinean con el viento para formar "avenidas de nubes" (izquierda).*

*Cerca de los confines del hielo polar se extiende la isla de Jan Mayen. La corriente de aire llega a Jan Mayen demasiado debilitada para ascender sobre la isla, por lo que se ve obligada a circundarla, creando remolinos o vórtices.*



en ocasiones una típica forma de yunque producida cuando la nube se aplasta al alcanzar los vientos superiores de la atmósfera.

Cerca de las montañas suelen verse nubes lenticulares que permanecen inmóviles a pesar del viento que las azota. Esta clase de nubes se forma en las crestas de las olas de viento que descienden por las laderas de las montañas. En raras ocasiones pueden amontonarse, adaptando el aspecto de un plato de tortitas o de ovnis.

A altitudes elevadas, los aviones producen a menudo las llamadas estelas de cirros. Dichas nubes se forman al condensarse el vapor de agua debido al calor de los reactores. Las estelas se crean asimismo cuando las puntas del ala del avión componen turbulentos remolinos en los que la disminución de la presión del aire produce un enfriamiento expansivo y una formación nubosa. Dichos tubos de nubes pueden durar varias horas y extenderse hasta formar una delgada capa de cirroestratos.

***Nubes lenticulares** sobre el monte McKinley, en Alaska. Situada a 6.200 metros sobre el nivel del mar, esta montaña resulta sobrecogedora de por sí, pero el paisaje de nubes le proporciona un dramatismo adicional.*

# Joyas congeladas

Entre las numerosas formas de precipitación que pueden crear las nubes se encuentran delicados prismas de hielo, hermosos y simétricos copos de nieve, grandes gotas de lluvia y gigantescos y destructivos proyectiles de granizo. El tipo de precipitación resulta determinado por la temperatura y humedad de la nube, así como por la fuerza de sus corrientes ascendentes.

Las nubes se componen de un enorme número de diminutas gotitas de agua y de cristales de hielo suspendidos en el aire. Individualmente, las gotitas y los cristales son demasiado pequeños y ligeros para alcanzar la superficie terrestre, por lo que deben combinarse varios millones entre sí antes de que se produzca precipitación alguna. Las nubes esponjosas, tales como los cúmulos, producen precipitaciones debido a que la agitación del aire en su interior hace que las gotitas choquen y se fundan entre sí formando gotas más grandes.

En las nubes más profundas o más elevadas, sometidas a temperaturas muy por debajo del punto de congelación, las gotitas son "superenfriadas", pero no llegan a congelarse. Entre estas gotitas se forman pequeños cristales de hielo que obligan a evaporarse a aquellos que los rodean, produciendo un vapor que a su vez se convierte en nuevos cristales.

Los cristales crecen rápidamente, y algunos se quiebran y forman cristales más pequeños que continúan atrapando el vapor de agua de las gotas. A continuación, se produce la agrupación de varios cristales entre sí para formar copos de nieve que ya han alcanzado el peso suficiente como para escapar de la nube. Algunos cristales desprenden diminutas gotitas de la nube que se congelan a su contacto, espesándolos y formando un perdigón de nieve o graupel.

El entramado de cristales de hielo asegura la forma hexagonal de los cristales, pero su forma de placa delgada, aguja, prisma o estrella de seis puntas depende de la temperatura y la humedad de la nube. Un tiempo frío y seco produce agujas y prismas, mientras que unas condiciones cálidas y húmedas crean delicadas estrellas de nieve.

Cuando las fuertes nevadas se ven impulsadas por vendavales, se producen tormentas de nieve. En las laderas más inclinadas acecha otro peligro de la nieve: los aludes.

*Los cristales de nieve pueden presentarse en forma de plumosas estrellas de seis puntas o placas hexagonales planas, dependiendo de la temperatura y humedad de la nube (derecha). Son tan delicadas que se rompen al chocar durante el descenso.*

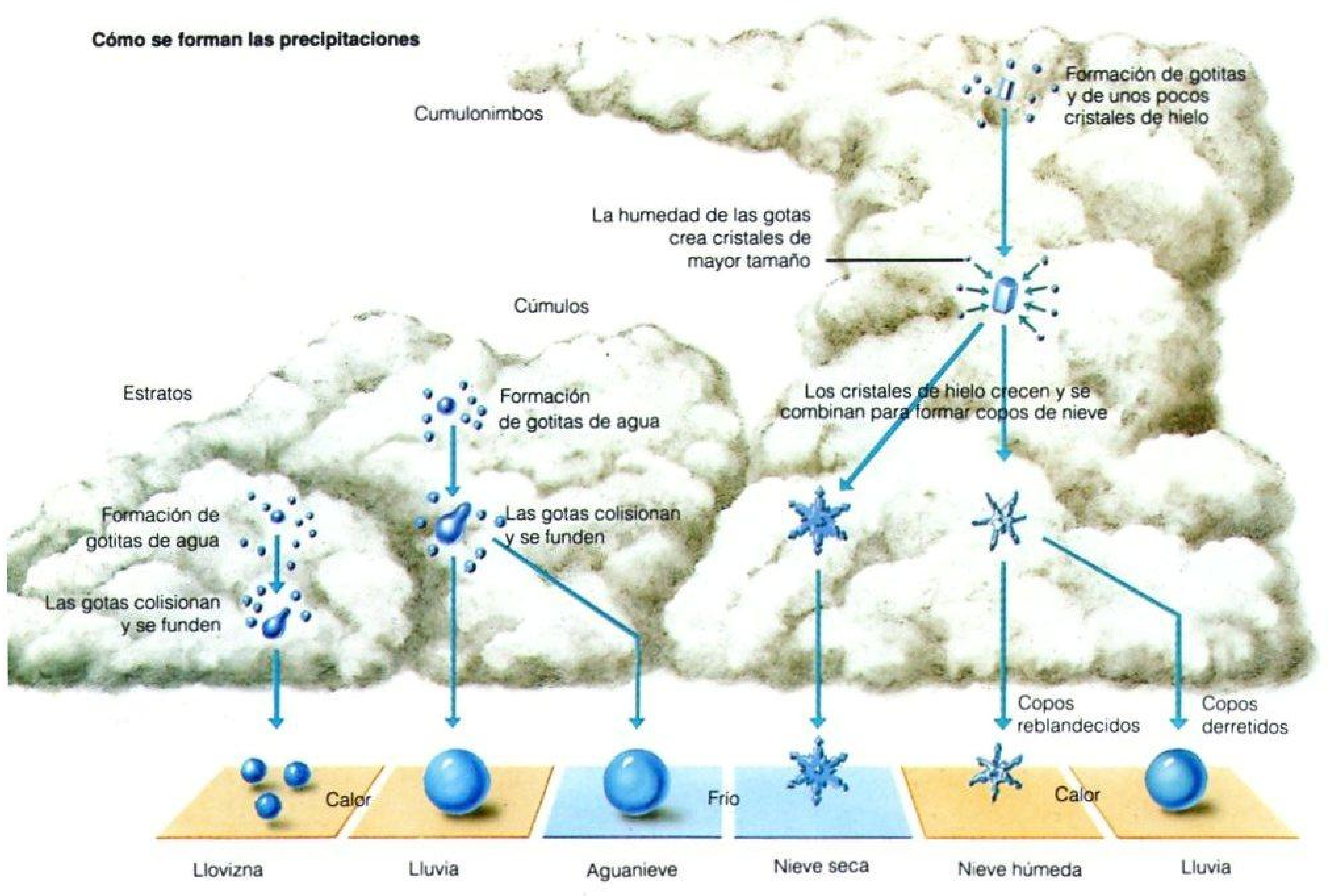
*En las nubes cálidas, situadas por encima del punto de congelación, las corrientes de aire obligan a los millones de gotas de agua a colisionar entre sí y unirse para formar grandes gotas que alcanzan el peso suficiente como para descender al suelo en forma de lluvia (abajo, izquierda).*

*Si la lluvia cae sobre una superficie helada, se congela y envuelve los árboles, los caminos y los edificios con una capa de hielo cuyo peso puede llegar a quebrar árboles y postes de electricidad.*

*Algunas nubes poco profundas no llegan a producir gotas grandes, pero sus gotitas pueden alcanzar el suelo en forma de llovizna si la base de la nube se encuentra cerca del suelo.*

*En las nubes profundas que se extienden hasta las capas frías superiores de la atmósfera se forman unas cuantas partículas de hielo entre las gotitas. El vapor de agua se traslada rápidamente a ellas desde las gotitas, lo que se traduce en su crecimiento y en la disminución del tamaño de las gotas.*

*Al cabo de pocos minutos, se crea un gran cristal de hielo que se une con otros para componer un copo de nieve. El copo caerá sobre un suelo frío en forma de nieve seca y sobre un suelo cálido en forma de nieve húmeda. Si atraviesa una capa de aire cálido bajo la nube, se derrite y se convierte en lluvia.*





# Joyas congeladas / 2

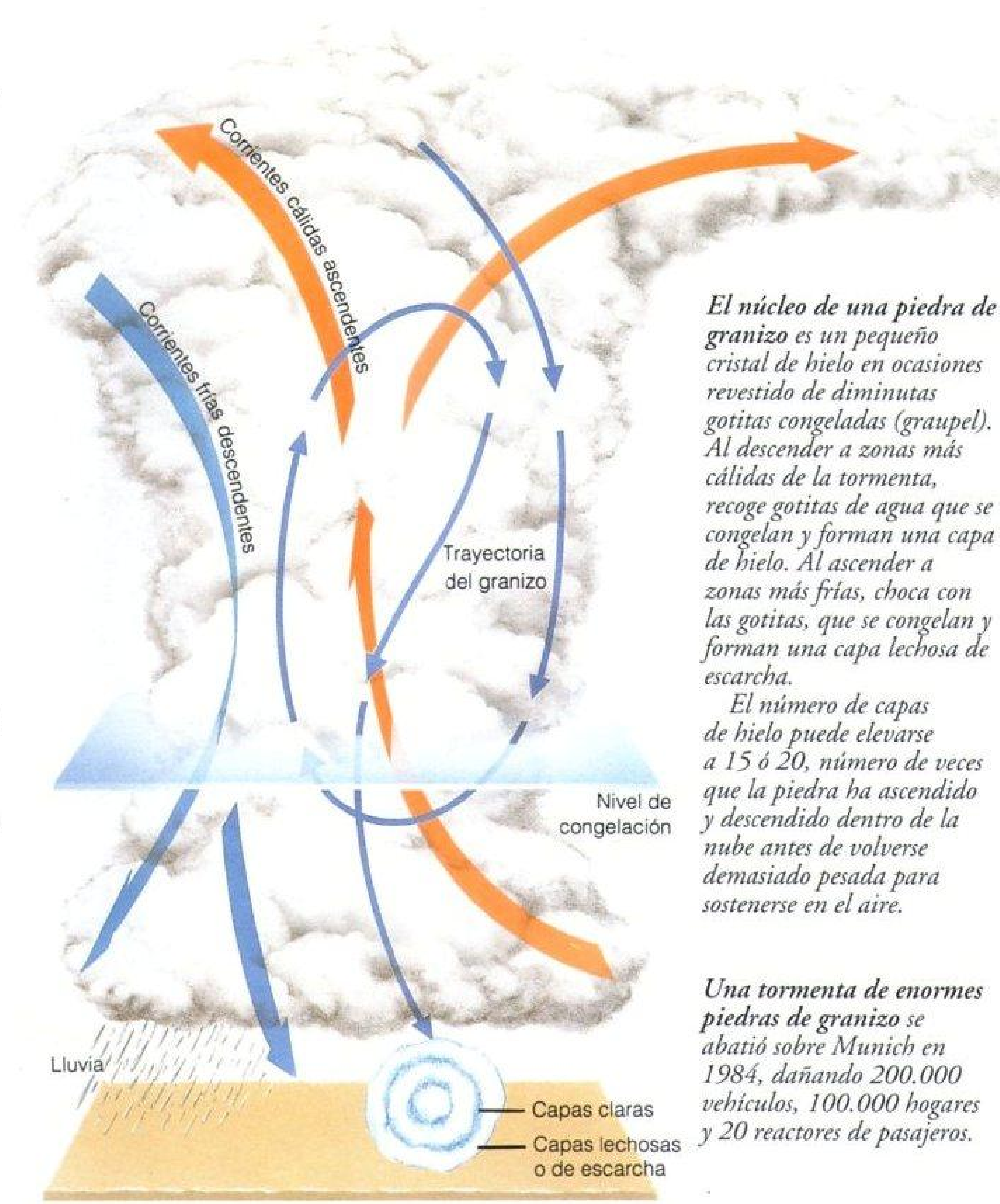
Cuando una capa profunda de nieve compacta se extiende sobre una capa mullida, las vibraciones producidas por un esquiador o el aumento súbito de la temperatura causan un deslizamiento ladera abajo de la capa superior que arrasa árboles y edificaciones en cuestión de segundos. En los pueblos de montaña más expuestos se utilizan a veces explosivos para desencadenar pequeños aludes, impidiendo así la creación de grandes masas de nieve que puedan suponer un peligro mortal.

Durante las tormentas, las corrientes de aire ascendente son lo bastante fuertes como para alimentar precipitaciones pesadas. Las gotas pueden crecer hasta alcanzar un tamaño máximo de un centímetro de diámetro. A partir de ahí, pierden su estabilidad y se rompen. La mayor forma de precipitación es la bola de granizo, formada por capas de hielo que pueden crecer hasta alcanzar el tamaño de una pelota de golf. Cuanto más fuertes sean las corrientes ascendentes de la tormenta mayor tamaño alcanzarán las piedras.

En algunas ocasiones, las bolas de granizo han llegado a contener objetos inusuales. En Bennington, en Vermont (junio de 1950), y Bournemouth, en Inglaterra (junio de 1983), el granizo contenía trozos de escoria y carbón. En junio de 1882, los habitantes de Dubuque, en Iowa, vieron caer piedras de granizo del tamaño de naranjas. Dos de ellas contenían pequeñas ranas que aún estaban vivas cuando el hielo se derritió.

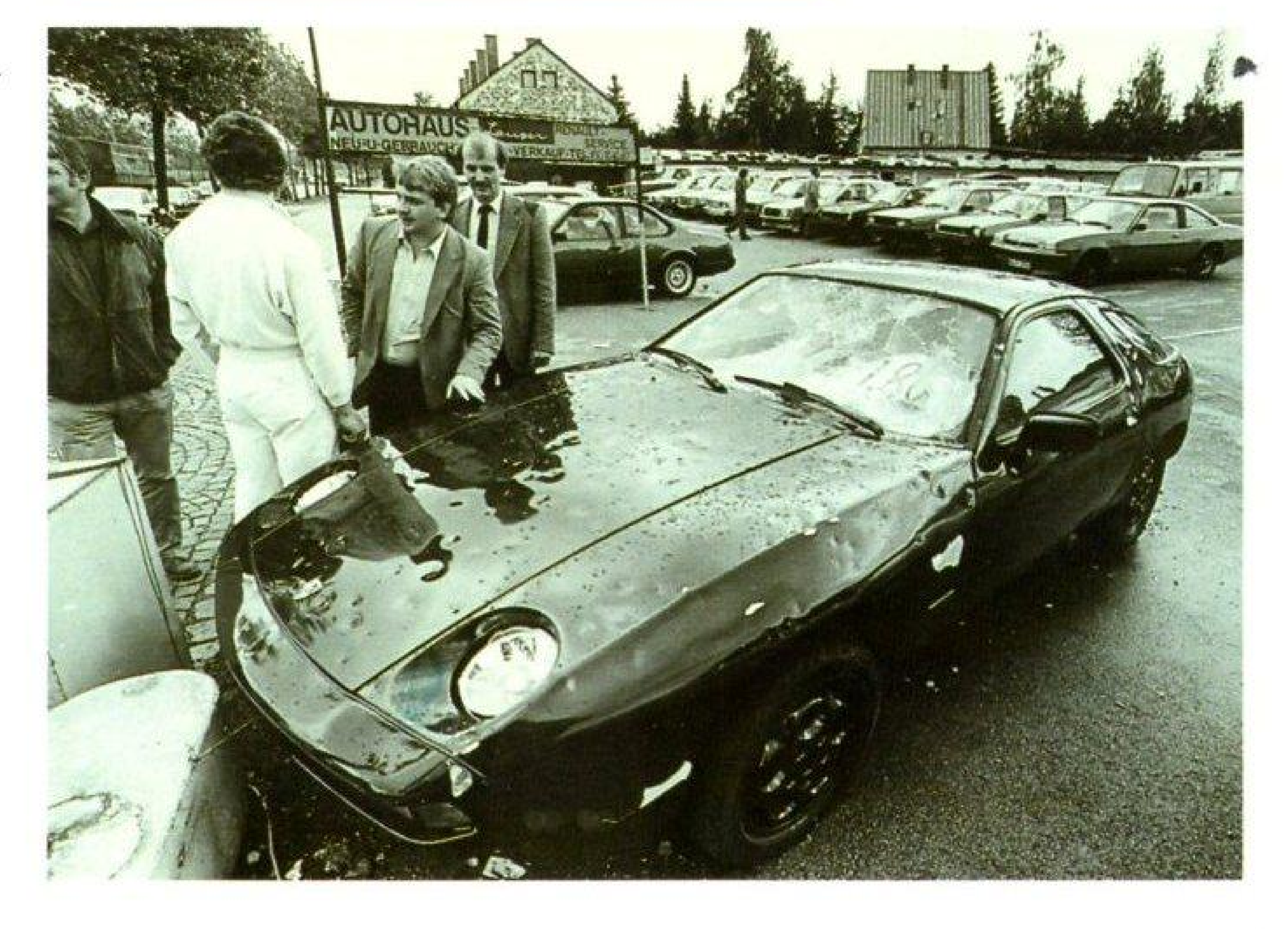
Todos los años, durante los meses de mayo y junio, una "plaga blanca" de granizo causa en Estados Unidos daños considerables desde Texas a Dakota del Sur. El granizo pulveriza cosechas, arranca la corteza de los árboles, destroza los invernaderos, abolla las carrocerías de los automóviles e incluso mata a animales y personas. En 1986 se desencadenaron en la parte central de China tormentas de granizo que mataron a 100 personas y destruyeron 80.000 hogares.

Los cristales de hielo y las gotas de lluvia pueden crear espectaculares imágenes de color en el cielo al ser iluminadas por el Sol. Al penetrar en una gota de lluvia, la luz del sol se refracta, dividiéndose en un espectro cromático. En los arcoiris, el rojo y el violeta ocupan respectivamente los bordes exterior e interior del fenómeno.




***El núcleo de una piedra de granizo*** *es un pequeño cristal de hielo en ocasiones revestido de diminutas gotitas congeladas (graupel). Al descender a zonas más cálidas de la tormenta, recoge gotitas de agua que se congelan y forman una capa de hielo. Al ascender a zonas más frías, choca con las gotitas, que se congelan y forman una capa lechosa de escarcha.*

*El número de capas de hielo puede elevarse a 15 ó 20, número de veces que la piedra ha ascendido y descendido dentro de la nube antes de volverse demasiado pesada para sostenerse en el aire.*




***Una tormenta de enormes piedras de granizo*** *se abatió sobre Munich en 1984, dañando 200.000 vehículos, 100.000 hogares y 20 reactores de pasajeros.*



***A medida que las heladas nubes de niebla*** *se deslizan lentamente junto a un objeto delgado, algunas de sus diminutas gotas se congelan al contacto, lo que produce en su costado de barlovento una capa de hielo blanco y plumoso conocida como escarcha.*

*Durante el invierno, la escarcha es sumamente corriente en las cumbres de las colinas y las montañas, ya que éstas permanecen envueltas por nubes durante largos períodos. Las franjas de escarcha pueden alcanzar una anchura de 25–50 cm en las cumbres de las montañas, pero en las tierras bajas rara vez sobrepasan un centímetro.*

*Los árboles —como éstos de Suiza—, los postes, las antenas y los cables telefónicos pueden acumular tal cantidad de hielo que lleguen a deformarse o quebrarse. En ocasiones, el ala de los aviones que atraviesan las nubes ha de soportar una acumulación de escarcha cuyo peso y espesor llegan a resultar peligrosos.*

# Los caminos del cielo

Los vientos, las nubes y las tormentas representan las partes móviles de una maquinaria atmosférica global de intercambio térmico que traslada eficazmente el calor de las zonas ecuatoriales, intensamente cálidas, en dirección a los polos.

La energía del Sol crea un horno ecuatorial que alimenta dicha máquina y sus partes en movimiento, incluyendo los vientos alisios, los vientos del oeste, las corrientes en chorro o "jet streams" y los ciclones. Dado que los polos se enfrían rápidamente durante el invierno —lo que incrementa el gradiente de temperatura entre los mismos y el ecuador—, esta maquinaria opera a un ritmo mucho mayor en invierno que en verano.

Los vientos dominantes de las latitudes bajas son los persistentes alisios. Dichos vientos, esenciales en siglos anteriores para los navíos que desarrollaban el comercio marítimo, deben su nombre a un término náutico que significa "camino constante". En el seno de los vientos alisios se forman agrupaciones de enormes cúmulos, tormentas y, en ocasiones, grandes tempestades: los huracanes.

Bajo los vientos alisios hemisféricos convergentes se extiende una estrecha franja conocida como de los "doldrums". Se caracteriza por un clima húmedo y cálido, así como por la aparición de frecuentes tormentas y la presencia de borrascosos vientos. La posición de los doldrums cambia con las estaciones a medida que el Sol realiza su doble declinación anual a través del ecuador. Los primeros navíos de vela, carentes de la detallada información meteorológica de que hoy disponen los marinos, se desviaban a menudo del curso de los alisios y penetraban en la zona de influencia de estos vientos de pesadilla que los obligaban a navegar a la deriva y sin rumbo durante días.

Las latitudes medias soportan alternativamente la influencia de los vientos templados del sudoeste y de los fríos vientos polares del este a medida que la posición del frente polar varía con las estaciones y con las condiciones cotidianas, reflejando así las fuerzas relativas de estos dos vientos contrarios.

La zona desde la que soplan los vientos influye en su temperatura: los vientos cálidos proceden de regiones ecuatoriales, y los fríos de las regiones polares.

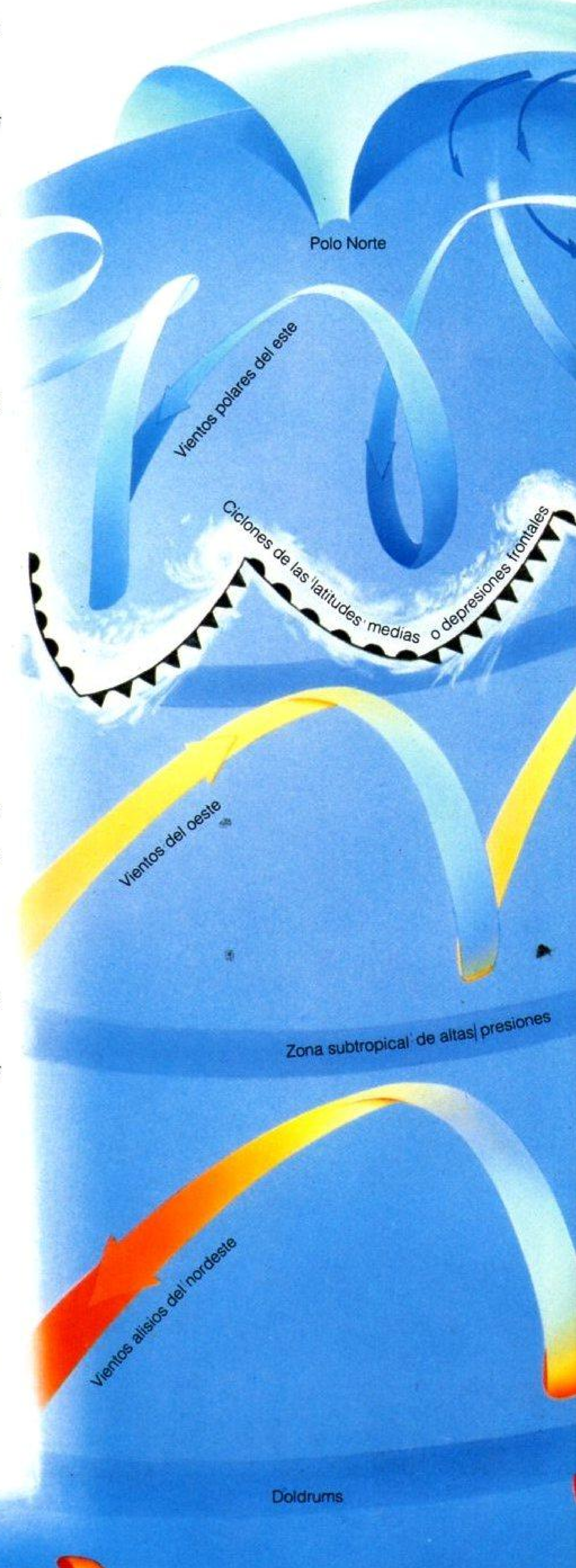
***Cada una de las estructuras de circulación*** *hemisférica se halla dominada por tres gigantescas células convectivas. La principal es la célula de Hadley, alimentada por el calentamiento anual permanente de las regiones ecuatoriales. Al calentarse, el aire superficial se eleva, produciendo grandes nubes y copiosas lluvias. Cuando llega a la tropopausa es desviado en dirección a los polos y se hunde al alcanzar los 30° de latitud.*

*Al descender, el aire encuentra una mayor presión que lo oprime y lo calienta, despojándolo de su contenido de humedad. Es esta franja de aire seco descendente la que mantiene las condiciones climatológicas de los desiertos de Atacama, Kalahari, Sáhara y Australia.*

*Parte del aire descendente es impulsado de nuevo hacia el ecuador por las bajas presiones superficiales creadas por las corrientes de viento ecuatorial ascendente. Estos vientos de retorno son los alisios del nordeste (hemisferio norte) y del sudeste (hemisferio sur).*

*En la célula de Ferrel, parte del aire que desciende a los 30° de latitud se desplaza en dirección al polo para formar los vientos del oeste de las latitudes medias.*

*A medida que estos vientos cálidos y húmedos alcanzan latitudes superiores van encontrándose con vientos secos y fríos expulsados por la cúpula polar de aire frío descendente, esto es, la célula polar. La feroz batalla que se desencadena entre ambos tiene como resultado la aparición de los ciclones de las latitudes medias (depresiones frontales).*





Difusión de la energía solar

60°N

Trópico de Cáncer

Ecuador

Trópico de Capricornio

60°S

Ruta más directa de la energía solar

La energía entrante supera a la saliente

Equilibrio de energía

La energía saliente supera a la entrante

Frente polar

Corriente polar

Célula de Ferrel

Corriente subtropical

Vientos del oeste

Célula de Hadley

Zona subtropical de altas presiones

Vientos alisios del nordeste

Formación de cumulonimbos

Célula de Hadley

Ciclón tropical

Doldrums

Vientos alisios del sudeste

Célula de Ferrel

***Debido a la forma esferoidal de la Tierra,*** *un estrecho haz de energía solar aparece concentrado sobre una pequeña superficie cercana al ecuador a la vez que se extiende cubriendo una amplia zona en las proximidades de los polos. Lejos del ecuador, la cantidad media de energía solar recibida por unidad de superficie es superior en las latitudes bajas e inferior en las altas.*

*Cada polo pierde una considerable cantidad de calor a medida que el Sol se desplaza hacia el hemisferio opuesto durante el invierno. El resultado es que las zonas ecuatoriales podrían correr el peligro de un calentamiento irreversible —y las zonas polares el riesgo de un enfriamiento igualmente irreversible— si no fuera por las corrientes de compensación que circulan por la atmósfera y los océanos.*

*Las corrientes oceánicas superficiales y los vientos cálidos suministran calor a los polos, mientras que las corrientes oceánicas profundas y los vientos fríos se desplazan en dirección al ecuador.*

# Los caminos del cielo / 2

A medida que los vientos abandonan estas zonas, someten a otras a las características de su masa aérea en el sentido de que "cada viento produce su propio clima".

La masa de aire que afecta a una zona puede variar a lo largo de las estaciones con el dominio, por ejemplo, de una masa de aire marítimo tropical durante el verano y de una masa de aire polar continental durante el invierno. Dado que el sistema global de vientos y masas de aire apenas varía cada año, cada una de las partes del mundo experimenta a lo largo de las estaciones un ciclo anual propio de condiciones meteorológicas que conocemos como su clima.

Si bien pueden producirse extremos atípicos de temperaturas y precipitaciones diarias, existen suficientes similitudes de un año a otro para considerar que una zona en particular experimenta un tipo de clima característico. Podemos agrupar las distintas regiones del mundo que experimentan climas parecidos en un número limitado de tipos climáticos.

Zonas consideradas como pertenecientes a una misma zona climática pueden hallarse considerablemente separadas entre sí. Por ejemplo, se pueden dar zonas climáticas mediterráneas o subtropicales —dotadas de veranos cálidos y secos e inviernos templados y húmedos— en Australia, California, Chile y Sudáfrica, así como en las proximidades del mar Mediterráneo.

Las zonas climáticas constituyen una de las más importantes características del planeta, ya que distinguen áreas dotadas de paisajes, agricultura, ecosistemas animales y vegetales y condiciones de habitabilidad humana distintos.

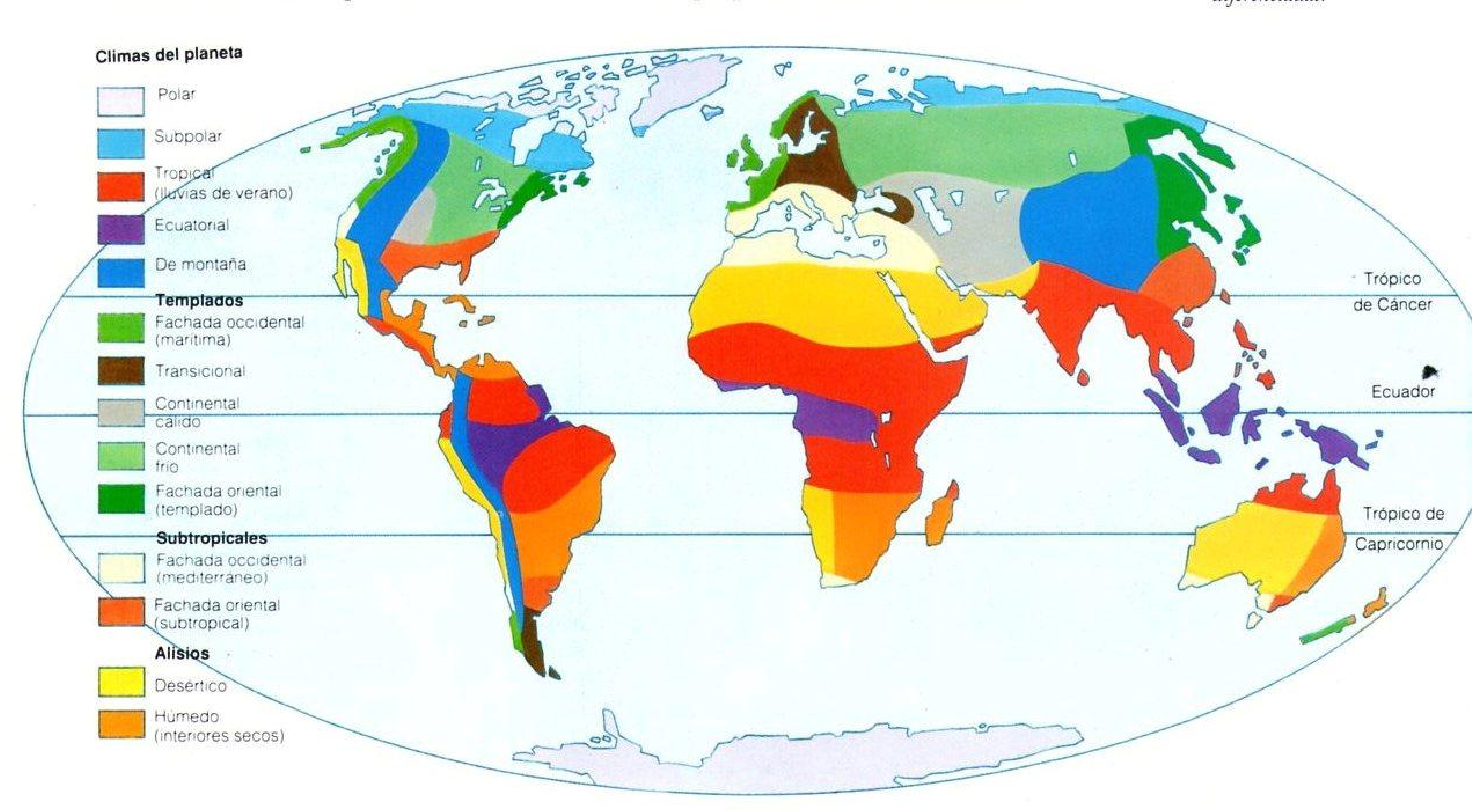
Si el clima global cambia, se producirá una migración de zonas climáticas. Cuando los continentes se hallaban cubiertos por una extensa capa de hielo —hace unos 18.000 años— las zonas climáticas mundiales se vieron agrupadas entre sí al desplazarse en dirección al ecuador. Actualmente, el calentamiento global producido por el efecto invernadero está comenzando a desplazar las zonas climáticas en dirección a los polos.

Tales cambios pueden estar teniendo lugar con tal rapidez que algunas plantas y animales desarrollados en el seno de una zona climática específica acaso no tengan tiempo de adaptarse, lo que podría causar su extinción.

***Recorrido de los vientos de superficie*** *sobre el océano Pacífico, representados a partir de las mediciones realizadas vía satélite el día 14 de septiembre de 1978.*

*Las flechas señalan la dirección en que sopla cada viento. Las zonas de vientos suaves están coloreadas de azul; mientras que los vientos fuertes, de naranja. En el Pacífico central, los vientos alisios entran en contacto a lo largo de un sinuoso límite que indica la situación de los doldrums. Las espirales indican la presencia de intensas tormentas sobre el océano meridional, mientras que la zona de vientos suaves del Pacífico dNorte señala la existencia de una zona de altas presiones anticiclónicas.*

***El sistema global de vientos*** *y la influencia de las montañas, los continentes y las corrientes oceánicas producen un número limitado de zonas climáticas diferenciadas.*





# Los monzones

Tres mil millones de personas —la mitad de la población mundial— dependen para su supervivencia de la alternancia estacional de los vientos, conocida como evolución monzónica. Durante seis meses al año, los países del sureste asiático se ven expuestos a una implacable sequía. Hacia la mitad de dicha estación seca, empeora la escasez alimenticia y disminuyen las reservas de agua y la energía producida por los generadores hidroeléctricos.

A continuación, con el inicio de la estación húmeda semestral del monzón, se abaten sobre el cuarteado paisaje súbitas lluvias torrenciales. Las comunidades rurales despiertan de nuevo a la vida, los campesinos se ponen en acción y las reservas de agua y energía son restituidas.

La causa de la evolución monzónica reside en el calentamiento desigual de los continentes y océanos tropicales de la Tierra a medida que la posición del Sol oscila entre uno y otro hemisferio a lo largo de su ciclo anual. En India, las lluvias alcanzan por primera vez el extremo sur del continente el 1 de junio. La nación aguarda impaciente noticias de su llegada y, con ello, la confirmación de que no tardarán en quedar atrás las dificultades de la estación seca.

Ya en septiembre, las tempestuosas lluvias han ascendido hacia el norte y desencadenan su furia contra las laderas del Himalaya. Así alimentados, los ríos se transforman en violentos torrentes. Los míticos Ganges y Brahmaputra se unen en las tierras bajas de Bangladesh causando en sus regiones enormes riadas anuales. En septiembre de 1988, dos tercios del país quedaron inundados, dejando sin hogar a 28 millones de personas.

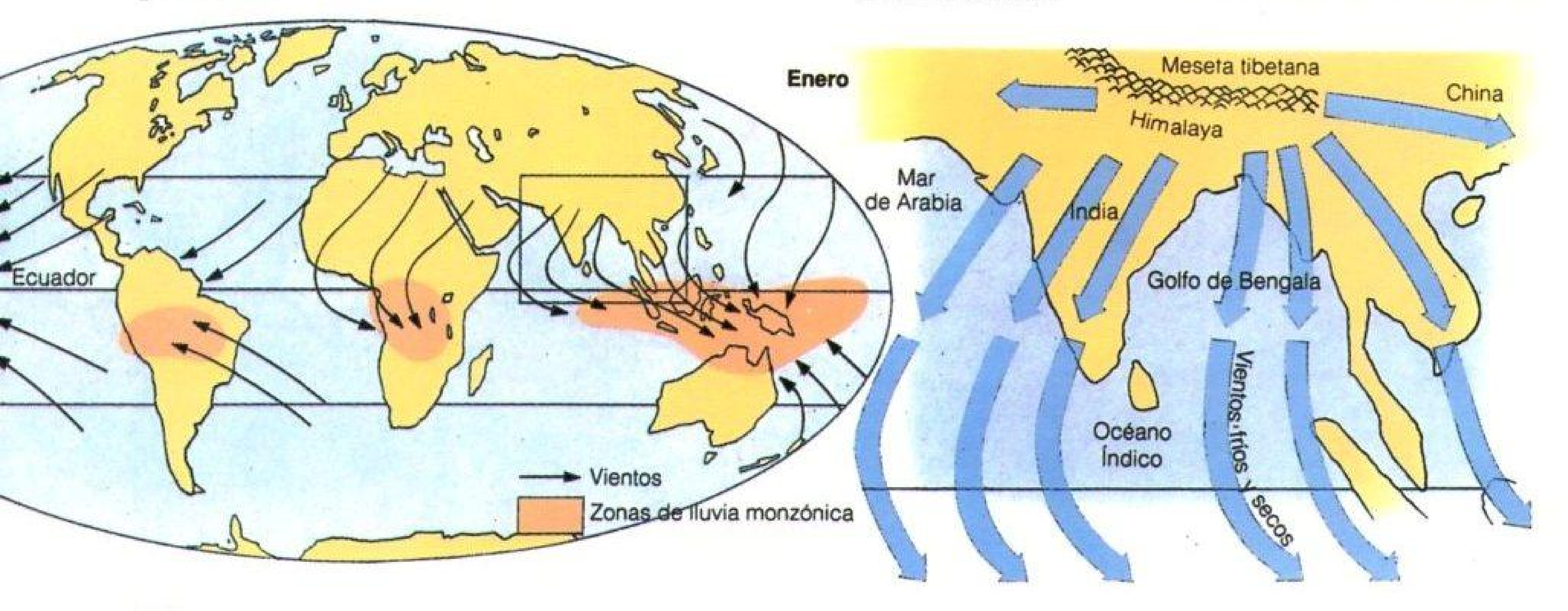


***Las copiosas lluvias monzónicas*** *que caen sobre el estado indio de Orissa causan enormes inundaciones, sin las cuales, no obstante, descendería la agricultura y sobrevendría la hambruna.*

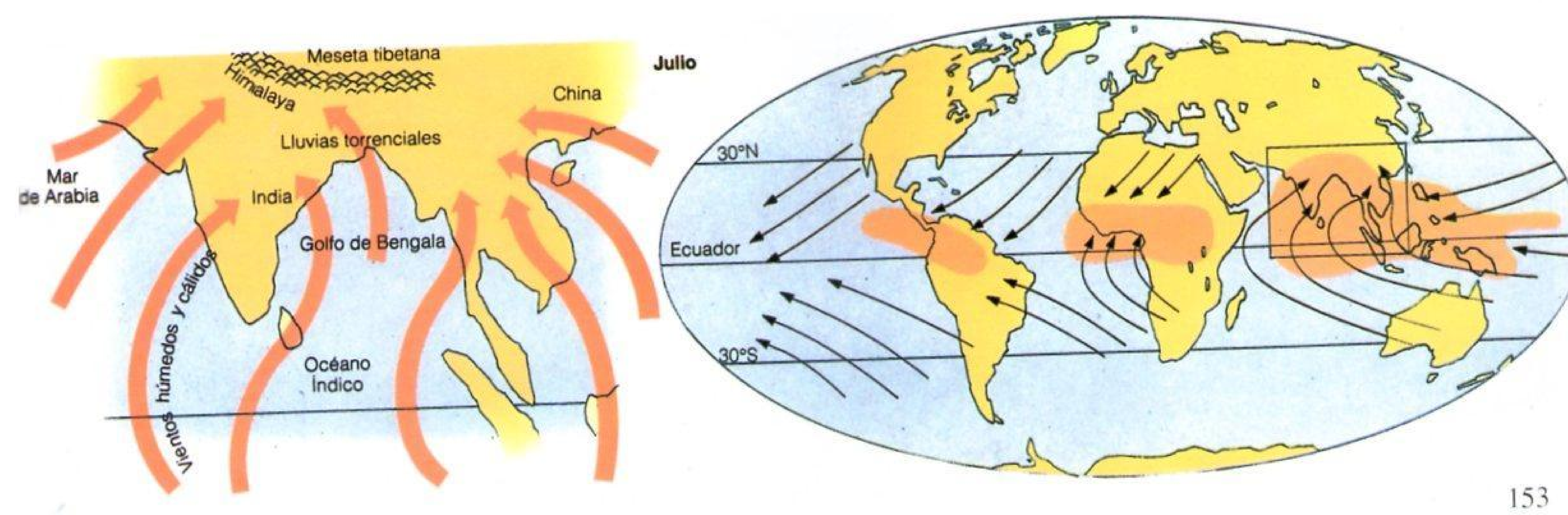
*Las lluvias llegan a Orissa el 10 de junio procedentes de las mismas tormentas que a continuación siguen viaje hacia el norte hasta alcanzar el Golfo de Bengala para derramar su torrencial diluvio sobre los montes de Khasi.*

***Durante el invierno del hemisferio norte****, el Sol se encuentra sobre el hemisferio sur, y los continentes septentrionales se enfrían mientras, al mismo tiempo, se calientan los océanos y territorios meridionales (abajo).*

*Los vientos fríos y secos del nordeste avanzan desde el interior de Asia y África, creando en ambos continentes una estación seca y fresca. Al soplar sobre el océano se impregnan de humedad y descargan lluvias torrenciales durante la estación húmeda de Indonesia, Borneo, Sumatra y el norte de Australia, así como en el centro de África occidental y en las zonas centrales de América del Sur.*




***La evolución monzónica*** *se invierte durante el verano del hemisferio norte, sobre todo en el sudeste de Asia, donde la tierra se calienta rápidamente en comparación con los océanos. El aire cálido se eleva sobre el terreno, dejando paso a masas de aire húmedo en forma de brisa marina. Entre mayo y septiembre, los vientos del sudoeste llevan fuertes lluvias a la mayor parte del territorio del sureste asiático.*


Meseta tibetana
Julio
Himalaya
China
Lluvias torrenciales
Mar
de Arabia
India
Golfo de Bengala
Vientos húmedos y cálidos
Océano
Índico
30°N
Ecuador
30°S

# Corrientes en chorro: las autopistas del cielo

El cielo de las latitudes medias es continuamente atravesado por bandas de cirros de unos 320 km de anchura que avanzan rápidamente indicando la presencia de los veloces vientos del oeste que circundan la Tierra. Estos rápidos ríos de aire describen recorridos sinuosos, girando alternativamente hacia los polos y el ecuador.

La más importante de las corrientes en chorro o "jetstreams" se forma en la frontera de latitud media o frente polar que divide el frío aire polar del cálido aire tropical. La presión del aire en la superficie es ligeramente menor en el costado frío que en el cálido. Dado que la presión disminuye más rápidamente con la altura en el aire frío que en el aire caliente, la pequeña diferencia de presión superficial se convierte en un enorme gradiente a lo largo del frente en la parte alta de la atmósfera.

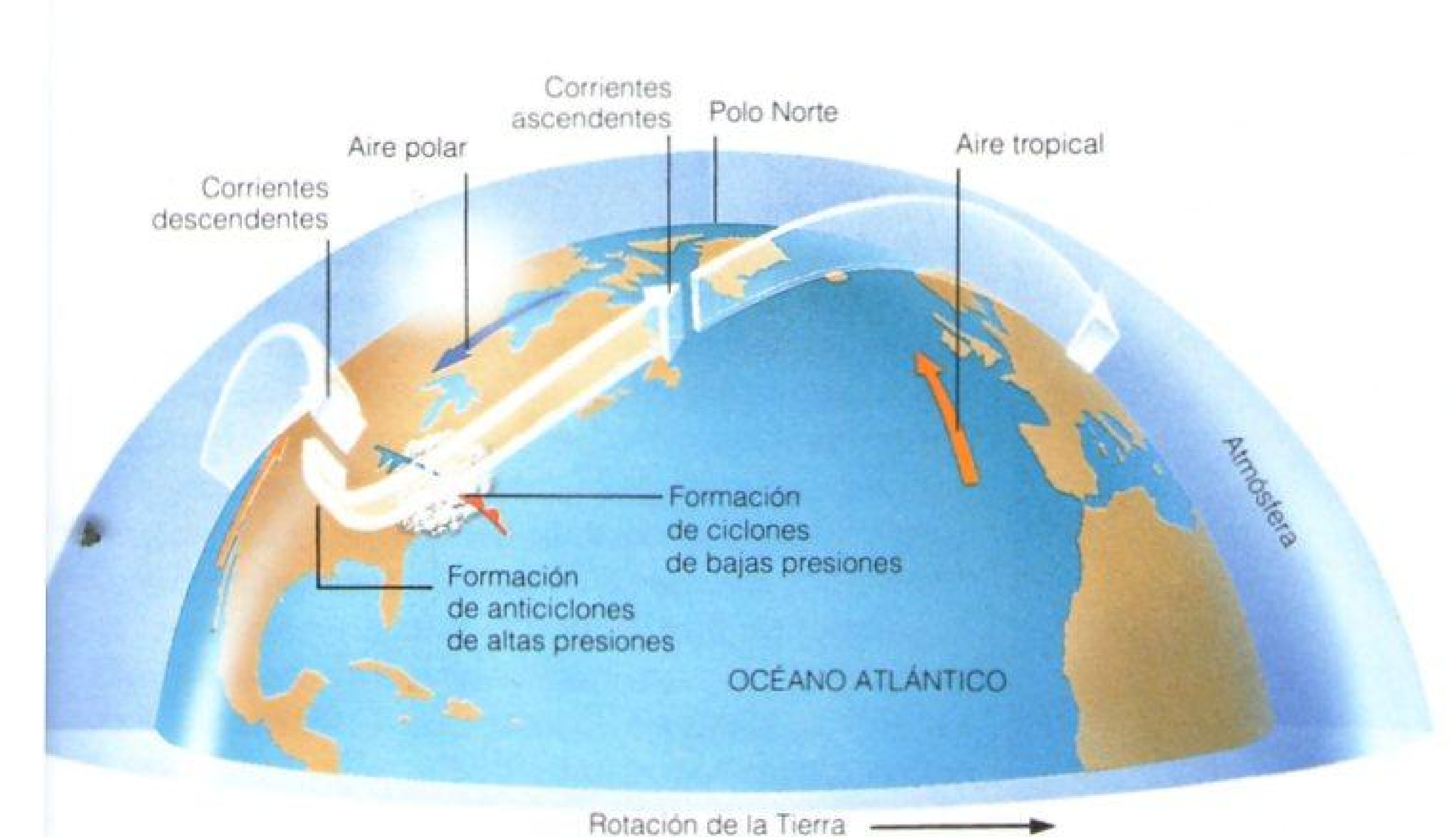
El gradiente de presión horizontal a una altura aproximada de 10–15 km genera una estrecha zona de vientos excepcionalmente fuertes. Esta corriente del frente polar, desviada hacia el este por la rotación de la Tierra, posee una anchura de tan sólo 290–480 km y unos 2–3 km de profundidad. A menudo, alcanza velocidades de entre 160 y 240 kms/h.

La corriente en chorro sigue un recorrido ondulado en torno a la Tierra. En invierno, cuando el mecanismo atmosférico de intercambio térmico se encuentra en plena actividad, la corriente se ve reforzada y se desvía unos pocos grados en dirección al ecuador, describiendo pocas ondulaciones o

***La fotografía de una nave Géminis** muestra largos jirones de cirros (abajo) que se extienden hacia el este sobre Egipto y el mar Rojo a velocidades superiores a los 160 km/hora. Estas nubes revelan la presencia de una corriente en chorro, un núcleo tubular de vientos sumamente veloces. Esta que vemos es la corriente subtropical que, en el borde polar de la célula de Hadley, discurre a una altura de 13 km.*










***La corriente polar en chorro*** *describe curvas de lado a lado a medida que circunda la Tierra (arriba). Los lóbulos de aire tropical cálido presionan en dirección al polo creando riscos en la corriente mientras el aire polar frío empuja en dirección al ecuador creando depresiones.*

*Allí donde la corriente que sopla en dirección al ecuador desciende al hallar una depresión, se estrecha y oprime el aire subyacente, lo que produce altas presiones sobre la superficie. El aire escapa de estas zonas girando en la dirección de las manecillas del reloj y formando un anticiclón de tiempo claro y soleado.*

*Allí donde la corriente que sopla en dirección a los polos abandona una depresión, asciende formando un risco, se ensancha y aspira el aire subyacente. Esto crea una zona superficial de bajas presiones que aspira remolinos de aire en el sentido contrario de las manecillas del reloj. El aire ascendente conduce a la creación de nubes y a la primera etapa de una depresión frontal de latitud media o ciclón.*

zigzags. En verano, ya debilitada, se desvía en dirección al polo y llega a mostrar hasta seis ondulaciones distintas.

Allí donde la corriente del frente polar se desvía hacia el polo, desencadena una interminable sucesión de turbulentas tempestades en las latitudes medias que barren los continentes y océanos guiadas por la propia corriente. Estas depresiones frontales —o ciclones— proporcionan a las latitudes templadas sus cambios climáticos.

La corriente del frente polar se comporta como los meandros de un río, que se ven progresivamente acentuados a medida que transcurren las semanas. Finalmente, como un río que formara una laguna muerta, la corriente corta el estrecho cuello del meandro y deja un embalsamiento de aire caliente en latitudes altas o de aire frío en latitudes tropicales. Estas masas aisladas de aire permanecen estacionarias durante semanas y se denominan "bloques" debido a que desvían las tormentas que se aproximan más al norte o al sur de lo habitual, llevando a dichas latitudes períodos de tiempo impropios de su estación.

Las corrientes en chorro fueron descubiertas por primera vez en noviembre de 1944, cuando 111 bombarderos B–29 que volaban a gran altura fueron enviados al norte de Saipan para bombardear las zonas industriales cercanas a Tokio. A medida que los aparatos viraban para aproximarse a la ciudad a una altura de 10 km, se vieron impulsados hacia adelante por vientos del oeste que soplaban con una velocidad de 240 kms/hora, lo que hizo que la mayoría de sus bombas cayeran en el mar.

Hoy día, las líneas aéreas son conscientes de la existencia de las corrientes en chorro. Las rutas aéreas que atraviesan el Atlántico se proyectan para aprovechar los fuertes vientos de cola al viajar hacia Europa y para evitar los potentes vientos frontales al viajar hacia Estados Unidos.

También se encuentran corrientes en chorro en ambos hemisferios a los 30° de latitud y a una altura de unos 13 km. La corriente subtropical separa el aire cálido y tropical de la célula de Hadley del aire, más frío, de las latitudes medias. Las corrientes polares y subtropicales que soplan en dirección oeste se mezclan en ciertas ocasiones para formar una única y potente corriente en chorro como, por ejemplo, la que sobrevuela China y Japón.

# Depresiones explosivas

Vistas desde el espacio, las latitudes medias del planeta aparecen dominadas por grandes tormentas en forma de coma que se desplazan hacia el este. Ciertas regiones engendran toda una sucesión de este tipo de tormentas que, a continuación, se expanden, intensifican, decaen a lo largo de su trayecto hacia el este a lo largo de un ciclo de vida que dura varios días.

Muchas de estas tormentas van enlazando un recorrido serpenteante que se extiende a través de los océanos y los continentes. Las que alcanzan un diámetro de 1.600 km reciben el nombre de ciclones de latitud media, o depresiones frontales.

Las latitudes medias contienen las fronteras entre las masas de aire —o frente polar— que separan el aire polar frío del aire tropical cálido. Estas masas de aire adyacentes se resisten a mezclarse, pero realizan un intercambio de calor fundamental para mantener un equilibrio térmico atmosférico global. La clave de este intercambio térmico son las depresiones frontales o ciclones, ya que envuelven una porción de aire frío y cálido a lo largo del frente polar y fuerzan la mezcla de ambas.

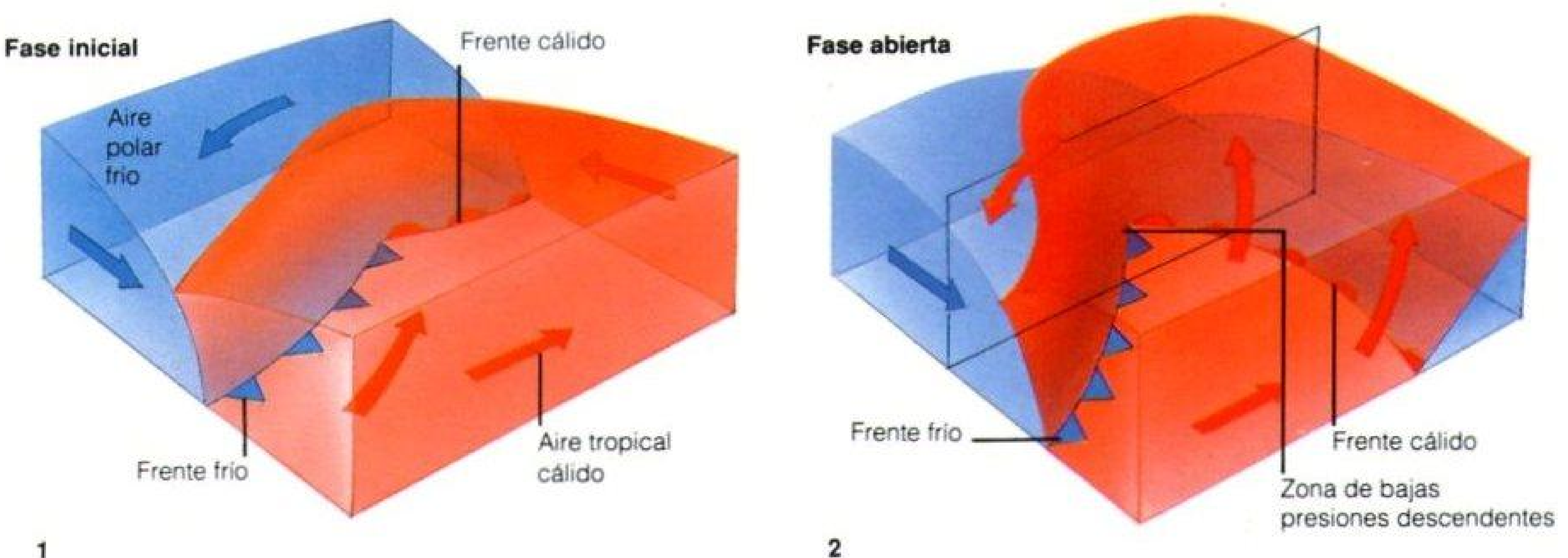
Las depresiones frontales se forman bajo la corriente del frente polar, en el punto en que dicha corriente deja de descender hacia el ecuador y comienza a elevarse en dirección a los polos. Estos "baches", situados a lo largo de las ondulaciones de la corriente, aparecen localizados en el costado de sotavento de las Montañas Rocosas y frente a las costas orientales de Norteamérica y Asia.

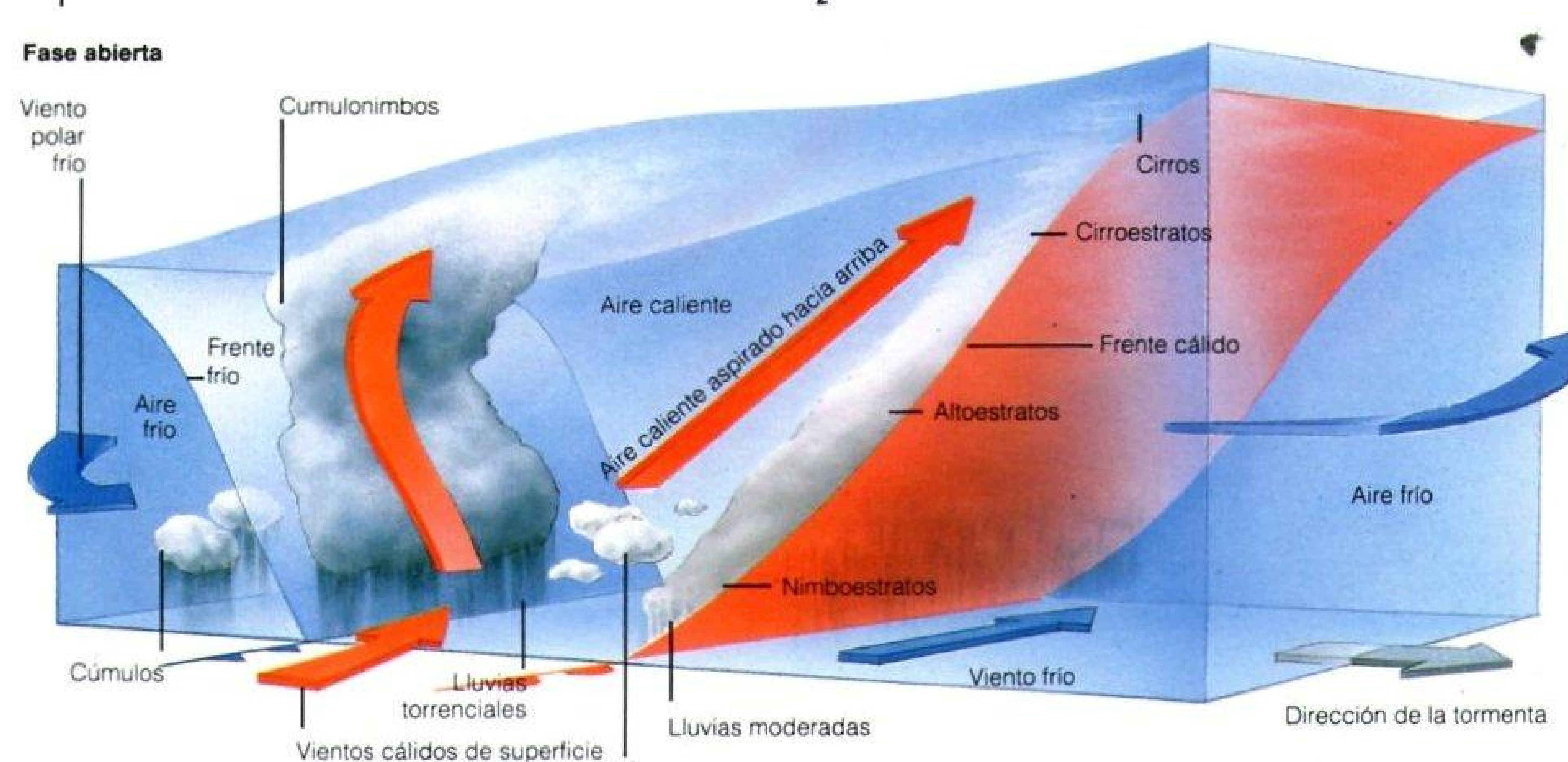
Estas tormentas, nacidas sobre el océano Atlántico, al sur de Terranova, constituyen el origen de la mayor parte de los rasgos climáticos europeos. Durante el invierno, la presencia en esta zona de masas de agua más cálidas de lo normal puede tener como consecuencia que Europa experimente una constante sucesión de tormentas que traigan consigo un clima cálido y ventoso, mientras que la presencia de agua fría tiene como

***Durante el desarrollo de una depresión frontal de latitud media,*** *la corriente en chorro que discurre sobre ella aspira el aire a lo largo de una parte del frente polar: la frontera entre el aire polar frío y el aire tropical cálido. Esto hace descender la presión atmosférica y desencadena la fase inicial a medida que el aire es aspirado al interior girando en sentido contrario a las manecillas del reloj (1).*

*La fase abierta tiene lugar cuando los frentes cálido y frío del frente polar rotan en torno al centro de presión (2). La sección transversal (abajo) muestra cómo el aire caliente se eleva sobre el aire denso y frío y a lo largo del frente cálido, lo que causa formaciones nubosas.*

*Estas nubes, se convierten de cirros en cirroestratos, altoestratos y, por fin, nimboestratos, momento en el que descargan lluvias moderadas. La cuña de aire caliente que separa ambos frentes contiene nubes delgadas hasta la llegada del frente frío, que trae consigo cumulonimbos y lluvias torrenciales.*



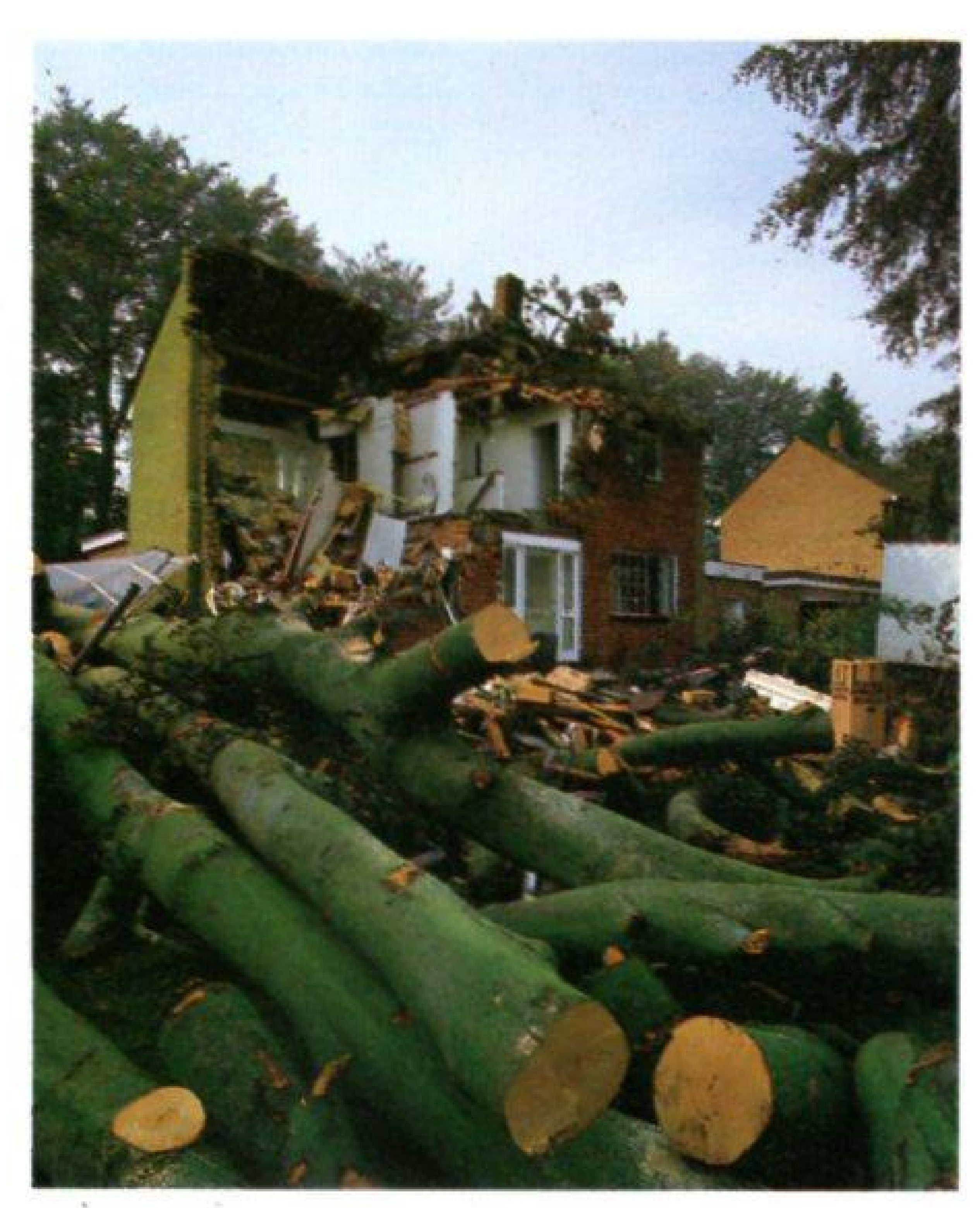





resultado una disminución en el número de tormentas y la seria posibilidad de un invierno europeo seco y glacialmente frío.

Una vez determinadas la posición y la fuerza de los meandros de la corriente en chorro, los meteorólogos pueden predecir el lugar de nacimiento de las tormentas, así como su grado de intensidad. A medida que se desarrollan, las tormentas son conducidas en dirección nordeste por la corriente en chorro hasta que, una vez alcanzado el extremo polar de la misma comienzan a frenar su impulso y mueren.

Las tormentas que se intensifican rápidamente se llaman ciclones explosivos. En octubre de 1987, el huracán Floyd, frente a las costas de Florida, hizo ascender en la atmósfera grandes masas de aire tropical cálido que se enfrentaron a la corriente polar fría que atravesaba el Atlántico. El contraste térmico aceleró los vientos de la corriente hasta los 320 km/hora, provocando la peor tormenta que había asolado Inglaterra y Francia desde 1703.



***La súbita aceleración*** *de una corriente en chorro de elevada altitud convirtió una tormenta normal en una "bomba" que se abatió sobre el noroeste de Europa el 16 de octubre de 1987. Se consideró la peor tormenta sufrida por el sur de Inglaterra y el noroeste de Francia durante los últimos 250 años.*

*El viento alcanzó velocidades de 150 km/h en Londres y 193 km/h en el canal de la Mancha. Se produjeron 25 muertos y 120 heridos. Los bosques fueron arrasados, y devastadas las campiñas. Francia e Inglaterra perdieron 45 millones de árboles.*

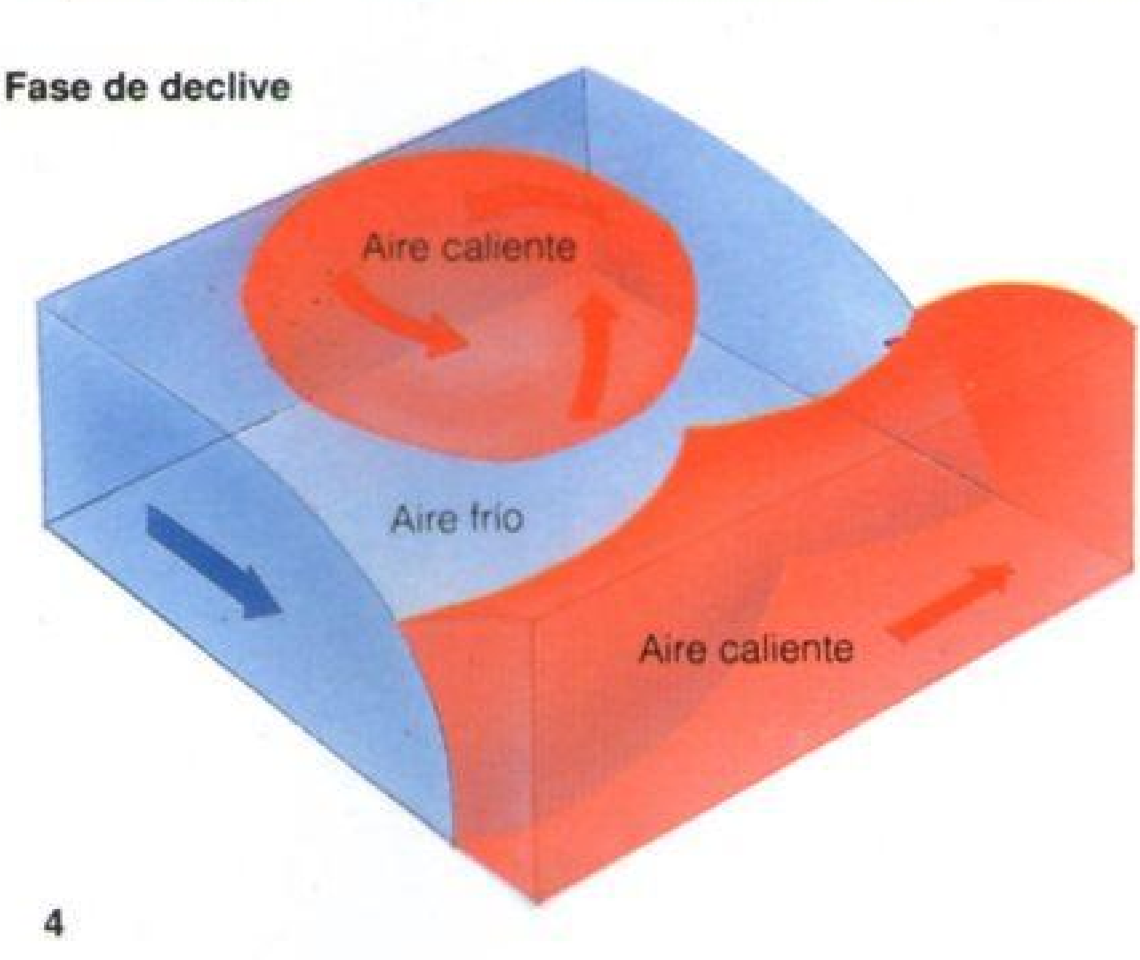
**Fase de oclusión**

Frente frío

Frente cálido

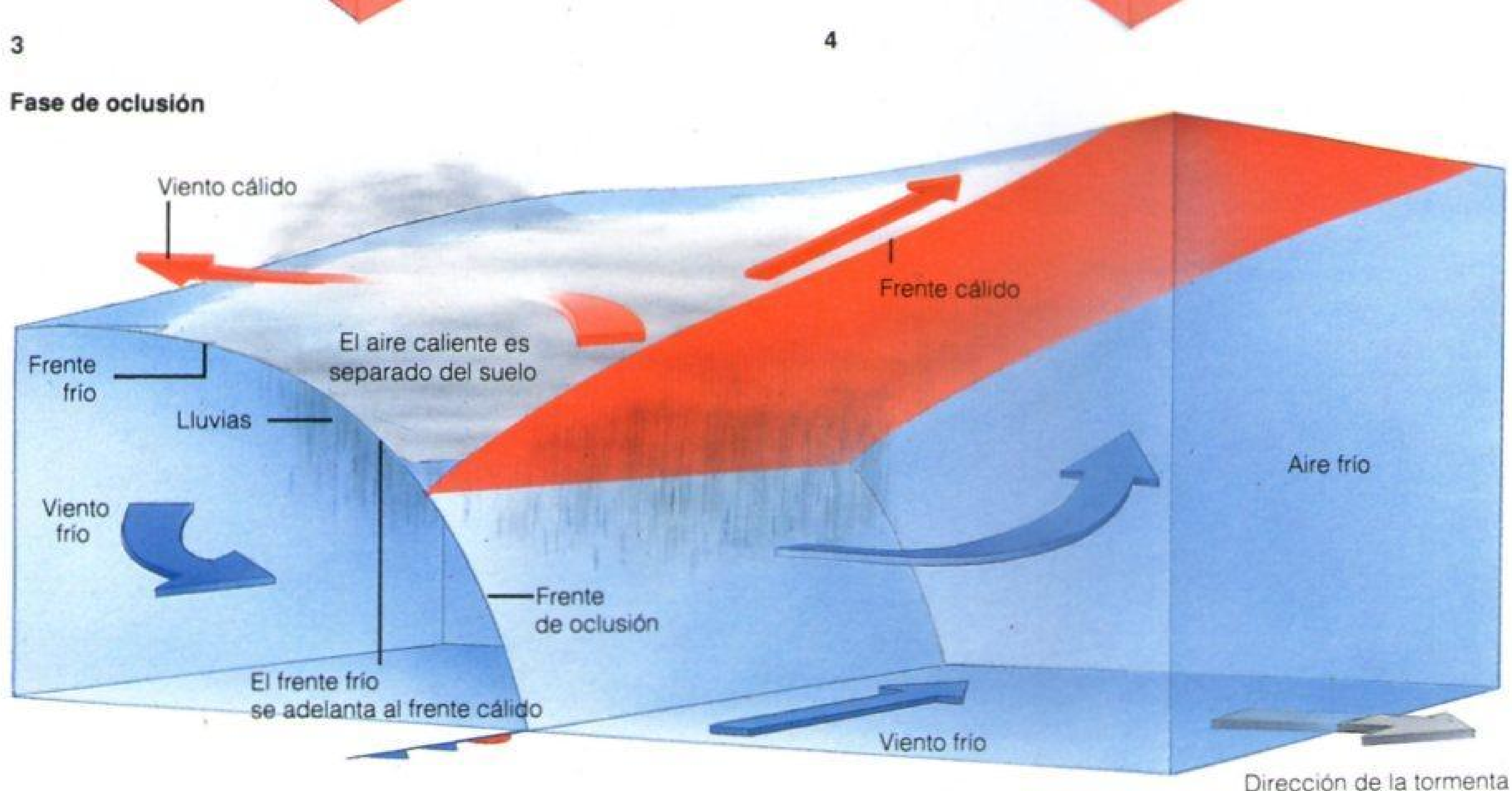
3

**Fase de declive**




4

**Fase de oclusión**




***La fase de oclusión*** *tiene lugar cuando el frente frío alcanza el frente cálido (3). La cuña de aire cálido superficial es oprimida e impulsada hacia arriba. Tal y como muestra la sección transversal (abajo), las nubes ascienden a gran altura y sus delgados jirones son obligados a expulsar las últimas gotas de lluvia.*

*Por último, los últimos restos de aire caliente son forzados a ascender (4). Las nubes se disipan, cesan las lluvias y los frentes superficiales de la tormenta desaparecen. A lo largo de esta fase final o de declive, se reconstruye el frente polar tras haberse visto ligeramente desviado hacia el ecuador.*

*El ciclo completo tarda varios días en desarrollarse. Durante dicho período, la tormenta se desplaza a lo largo del frente polar a una velocidad de entre 40 y 55 km/h, guiada por la corriente en chorro. Las imágenes de satélite revelan a menudo la existencia de toda una familia de depresiones frontales esparcidas por el frente polar.*

# Vientos de cambio

Ya sea en forma de brisas o de huracanes, los vientos soplan siempre desde zonas de alta presión atmosférica a zonas en las que la presión del aire es menor. Al hacerlo, redistribuyen el calor entre el ecuador y los polos, guían la trayectoria de las corrientes oceánicas de superficie, impulsan las nubes que transportan la lluvia y la nieve, mueven las olas que rompen contra las costas y contribuyen a esculpir los rasgos del paisaje.

Las diferencias de presión atmosférica entre distintas zonas son a menudo el resultado de diferencias de temperatura. Algunos vientos se encuentran localizados, como las leves brisas marinas que soplan en días soleados al calentarse la tierra con más rapidez que el mar. Los vientos polares del este, los alisios y los vientos del oeste de las latitudes medias existen debido a la diferencia de temperatura entre los polos y el ecuador.

Entre los vientos cálidos y secos que soplan desde el desierto se incluyen el siroco del norte de África, el brickfielder del sur de Australia y el Santa Ana de California. Este último sopla en dirección oeste desde el desierto de Mojave y una velocidad de 96 km/h.

Los vientos del desierto recorren a veces largas distancias antes de que la lluvia logre liberarlos de su carga de polvo. Las rojas arenas ferrosas del Sáhara han producido en ocasiones "lluvias de sangre" en lugares situados tan al norte como Gran Bretaña. El paso del aire a través de estrechos valles puede llegar a crear vientos sumamente violentos, como el mistral francés. A comienzos de la primavera, el valle del Ródano suele verse sometido a helados vendavales que destrozan las cosechas.

No obstante, los vientos pueden suponer una ventaja: en Altamont Pass, California, se han agrupado más de 300 turbinas para crear una "granja eólica" de producción de electricidad.

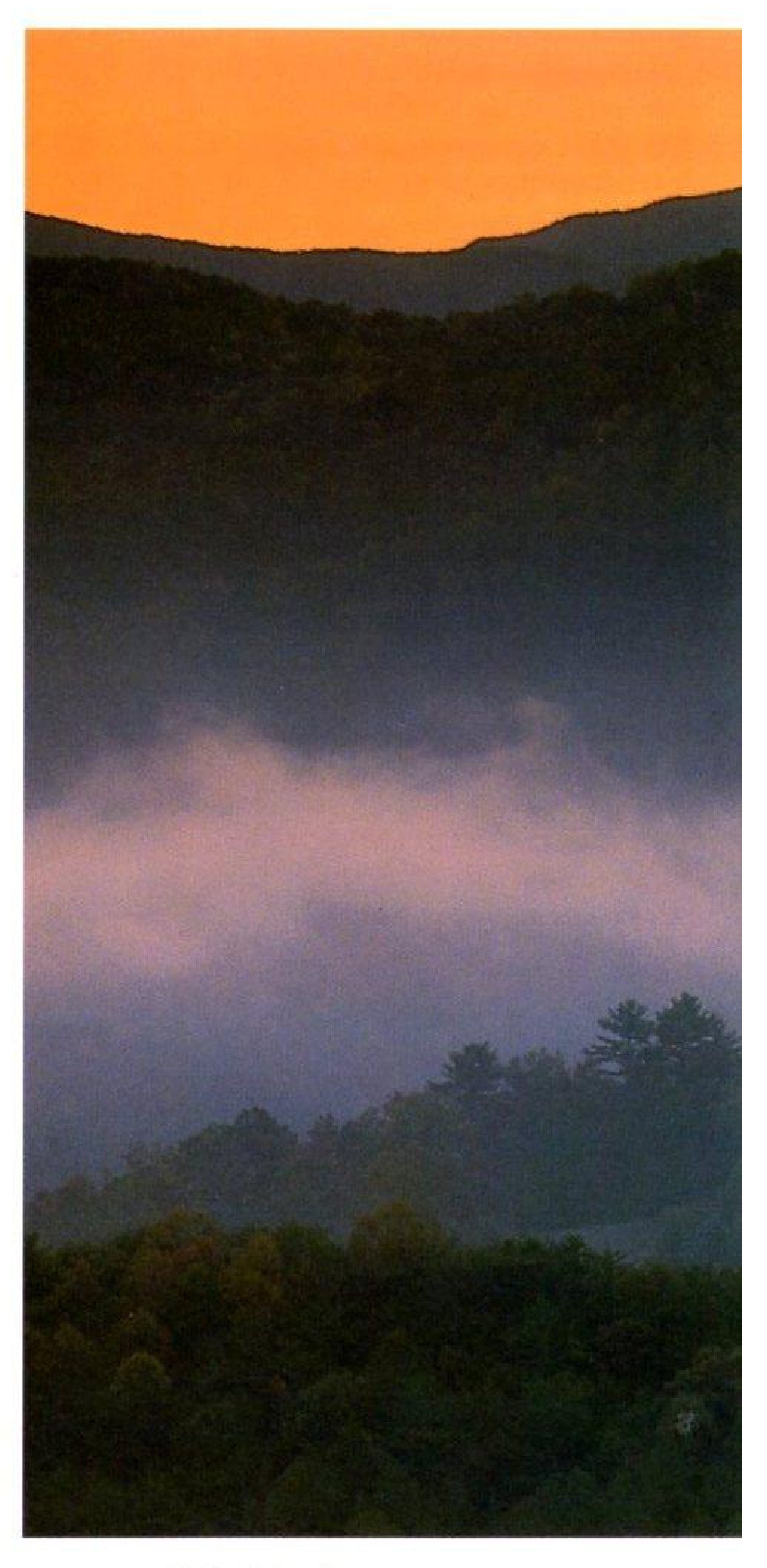
***Las brisas marinas** se forman en las zonas costeras debido a que la tierra se calienta y enfría antes que el agua.*

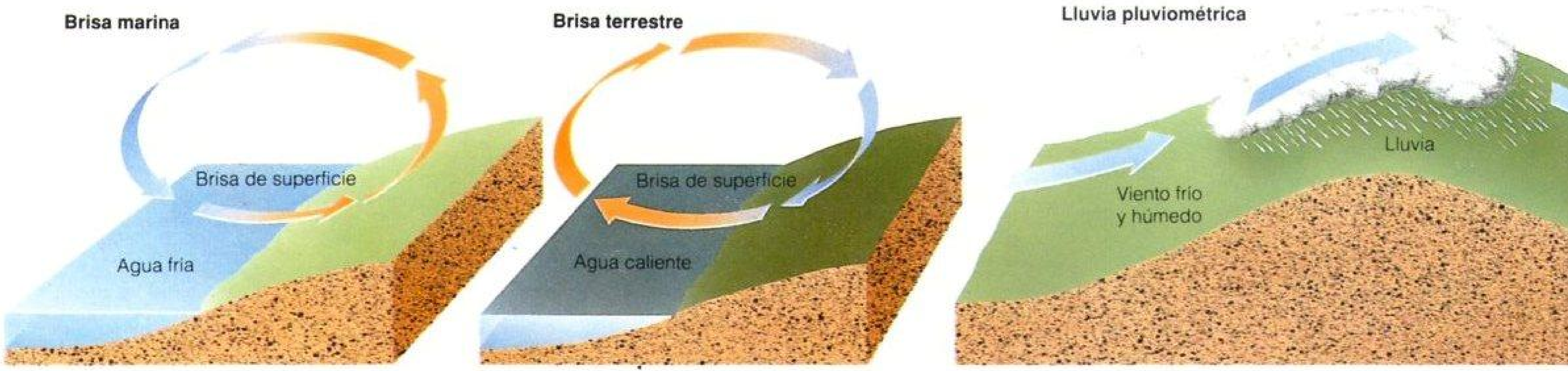
*En los días soleados, la tierra se caldea rápidamente, por lo que el aire se hace menos denso y se eleva. Se produce sobre la superficie del terreno una zona de baja presión que aspira el aire del mar en forma de brisa marina.*

*Por la noche, el proceso se invierte, ya que el aire que descansa sobre la tierra se enfría con más rápidez que el del mar, lo que produce una brisa terrestre. El aire que desciende sobre la tierra y el aire que se eleva sobre el mar desencadenan una corriente de circulación local. La brisa que escapa al mar se denomina "brisa costera".*

*Cuando el viento se ve forzado a superar una cadena montañosa, se enfría y produce nubes, lluvia y nieve. A medida que, ya seco, desciende por el costado de sotavento, resulta comprimido por la alta presión de las altitudes bajas, lo que tiene como resultado un calentamiento que lo reseca aún más, creándose lo que se denomina **lluvia pluviométrica.***

*Este viento seco y cálido es conocido con el nombre de föhn en los Alpes, zonda en los Andes y chinook o "devorador de las nieves" al este de las Montañas Rocosas.*



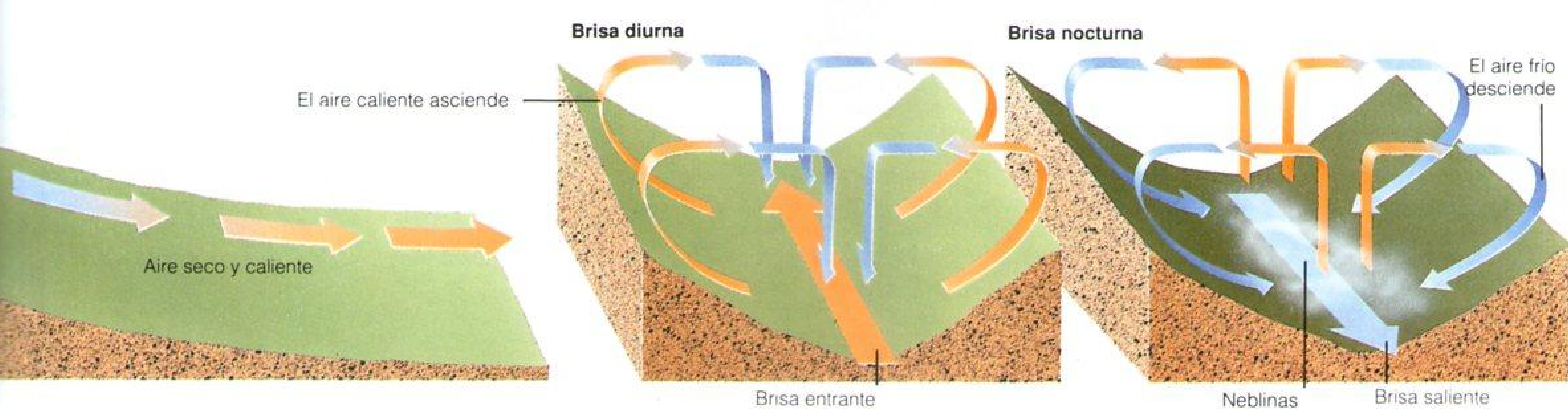




***El amanecer*** *en las proximidades de Townsend, en Tennessee (izquierda), revela la niebla que inunda los valles entre las apacibles laderas de los Apalaches.*

***Las brisas diurnas*** *se crean durante el día cuando el aire que cubre las soleadas laderas montañosas se calienta con más rapidez que el que descansa sobre las sombras del valle. Al caldearse se eleva, creando una zona de presiones más bajas que las del fondo del valle. Así, el aire es aspirado ladera arriba y se establece una corriente de cirulación. Cuando dicha circulación aspira también aire hacia el interior del valle, se genera una brisa entrante.*

*Por la noche, el aire de la montaña se enfría con más rapidez que el del suelo del valle, lo que produce una brisa nocturna. El aire frío desciende sobre las laderas del valle y se acumula en el fondo del mismo, provocando con frecuencia la aparición de nieblas y neblinas. En aquellas ocasiones en que el suelo del valle muestra una inclinación suficiente, el aire frío escapa formando una brisa saliente.*



# Truenos y relámpagos

Los relámpagos que en este mismo instante se abaten sobre la superficie de la tierra procedentes de las 2.000 tormentas esparcidas a lo largo del mundo forman parte integrante de un circuito eléctrico global. Dado que los electrones escapan continuamente al aire desde la superficie del planeta durante los períodos de buen tiempo, los relámpagos son necesarios para reponer el campo negativo terrestre y mantener el equilibrio de su estado eléctrico.

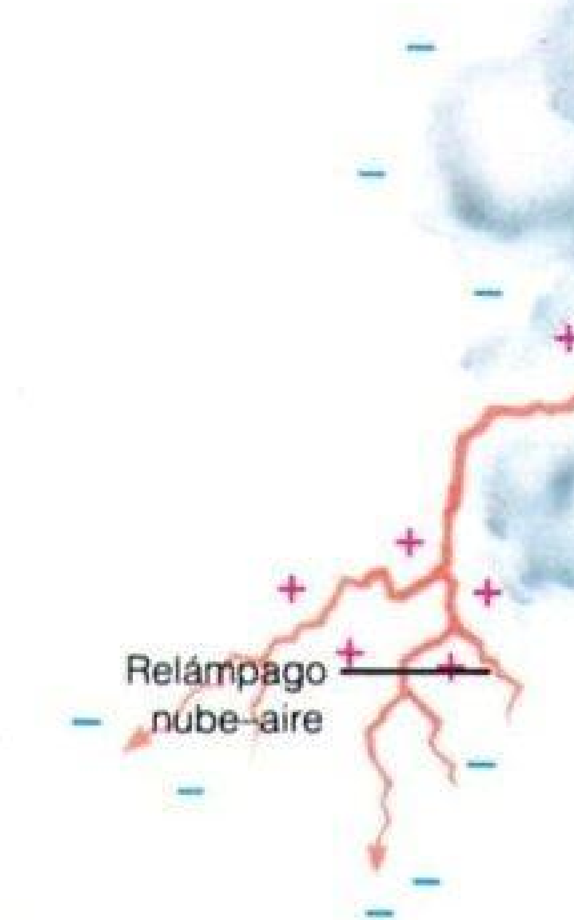
A la vez que desempeñan su papel de gigantescos generadores eléctricos, las tormentas producen truenos ensordecedores, lluvias torrenciales, tempestuosos golpes de viento, devastadoras descargas de granizo y, a veces, incluso violentos tornados y trombas marinas. Algunas tormentas generan potentes corrientes descendentes y turbulencias que golpean el suelo con breves pero eficaces descargas de energía que aplastan cosechas y árboles, destrozan edificios y hacen estrellarse a los aviones que aterrizan o despegan, tal como sucedió en Dallas en 1985, causando la muerte de 134 personas.

Las tormentas se forman cuando potentes corrientes de aire caliente se elevan creando un cumulonimbo. Las corrientes en chorro esculpen la parte superior de la nube proporcionándole su característica forma de yunque.

Pocos pueden presumir de saber qué se siente al ser azotado por la violencia de una tormenta, pero el teniente coronel William A. Rankin tuvo ocasión de experimentarlo personalmente. En 1959 saltó de un avión averiado sobre Norfolk, en Virginia, para caer en el interior de una tormenta a 15 km de altura. Tras una larga y terrorífica caída libre, su paracaídas se abrió a unos 3 km del suelo.

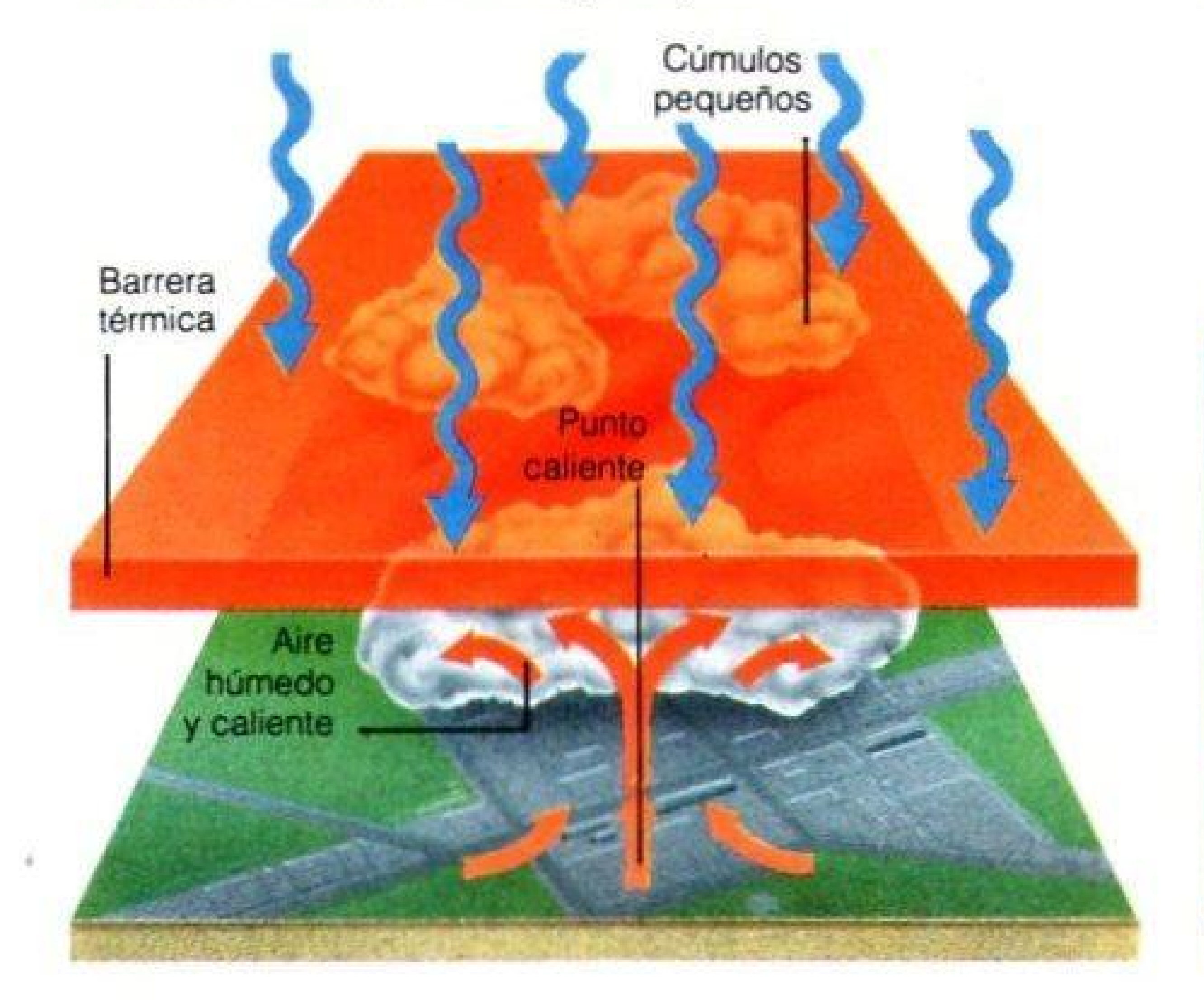
A continuación, se vio impulsado de nuevo hacia el corazón de la tormenta, subiendo y bajando como si se tratara de una bola de granizo en formación. Durante 40 minutos, su cuerpo magullado y sacudido fue acribillado por chorros de agua helada y desgarrado por el granizo mientras su oído y su vista eran asaltados por truenos ensordecedores y por los destellos incandescentes de los relámpagos. Increíblemente, sobrevivió.

Diariamente, se abaten sobre la superficie terrestre más de 100 relámpagos por segundo. Cada una de estas brillantes descargas constituye una chispa eléctrica de alto voltaje que transporta decenas de miles de amperios a la Tierra. Esta corriente produce el sobrecalentamiento de una columna de aire de cinco cm de grosor hasta una temperatura de 30.000°C.




***Durante las tormentas*** *pueden aparecer súbitamente "bolas de fuego" electrificadas en el interior de casas y aviones. Tales esferas luminosas, cuyo tamaño puede oscilar entre el de una naranja y el de un balón de fútbol, suelen ser de color rojo o anaranjado, y se consumen en menos de un minuto.*

*Mientras flotan en el aire parecen deslizarse siguiendo las corrientes de aire.*







***Las tormentas se forman*** *como resultado de un intenso calentamiento de las laderas montañosas soleadas, los campos de coloración oscura y las zonas urbanas. A medida que se intensifica el calentamiento diurno de dichas áreas, se produce un ascenso de capas térmicas y la formación de pequeñas nubes en forma de cúmulo.*

*La presencia de barreras de aire frío y seco puede prevenir la formación de acumulaciones nubosas (arriba, izquierda), ya que impiden el proceso de convección. Estas barreras térmicas se ven a menudo reforzadas por las masas de aire subyacentes.*

*El medio de destapar estas barreras puede ser bien un potente calentamiento solar del suelo, bien el avance de un frente frío (arriba, derecha). A medida que se aproxima, esta densa masa de aire frío obliga a ascender masas de aire que terminan por quebrar la barrera. El cúmulo se despliega formando una enorme nube de tormenta, y las corrientes ascendentes alcanzan velocidades de 100 km/h.*



Capa delgada de carga negativa

Región principal de carga positiva

Yunque

Relámpago de calor

Cumulonimbo

Relámpago gigante positivo

Bolas de fuego

Pequeñas zonas de carga positiva

Relámpago ramificado

Bolas de fuego

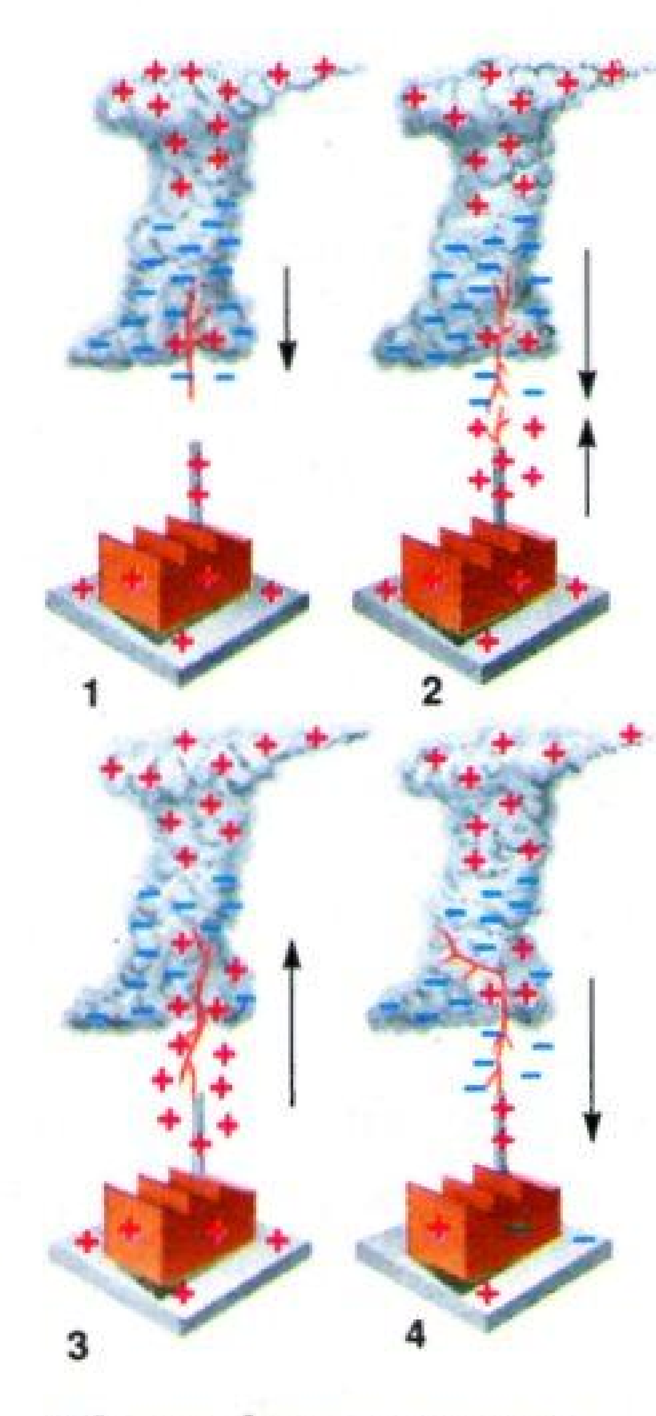
Chorro ascendente

***En el interior de la tormenta**, las cargas eléctricas positiva y negativa se separan a medida que descienden grandes gotas de agua y hielo (graupeles) con carga negativa y diminutos cristales y astillas de hielo de carga positiva son aspirados en sentido ascendente.*

*Los pequeños cristales de hielo obtienen su carga positiva al colisionar con grandes trozos del mismo material. La congelación de las gotas de agua provoca la creación de un caparazón exterior positivo que de fracturarse, producirá diminutas astillas heladas que transportarán la carga positiva en sentido ascendente mientras el núcleo negativo del interior desciende hacia el suelo.*

*El relámpago se desencadena cuando la separación de cargas eléctricas alcanza aproximadamente los 100 millones de voltios. La forma más corriente es el relámpago de calor, visible tan sólo en forma de destello celeste. Las descargas eléctricas de nube a tierra adoptan la forma de relámpagos de aspecto bifurcado. Estas "superdescargas" gigantes saltan desde el extremo del yunque hasta zonas de carga negativa situadas frente a la base de la tormenta.*

*En ocasiones, el relámpago surge de un cielo claro: una tormenta que permanece oculta tras una montaña puede enviar relámpagos nube–aire que viajan en sentido horizontal.*




***El paso de una tormenta induce la creación de una carga positiva** a nivel del suelo, tras lo cual los haces de electrones comienzan a buscar una ruta de acceso a la superficie (1).*

*A medida que estas pequeñas descargas se aproximan al suelo, atraen pequeños chorros de carga positiva desde objetos elevados en un intento de establecer nuevas corrientes de descarga (2).*

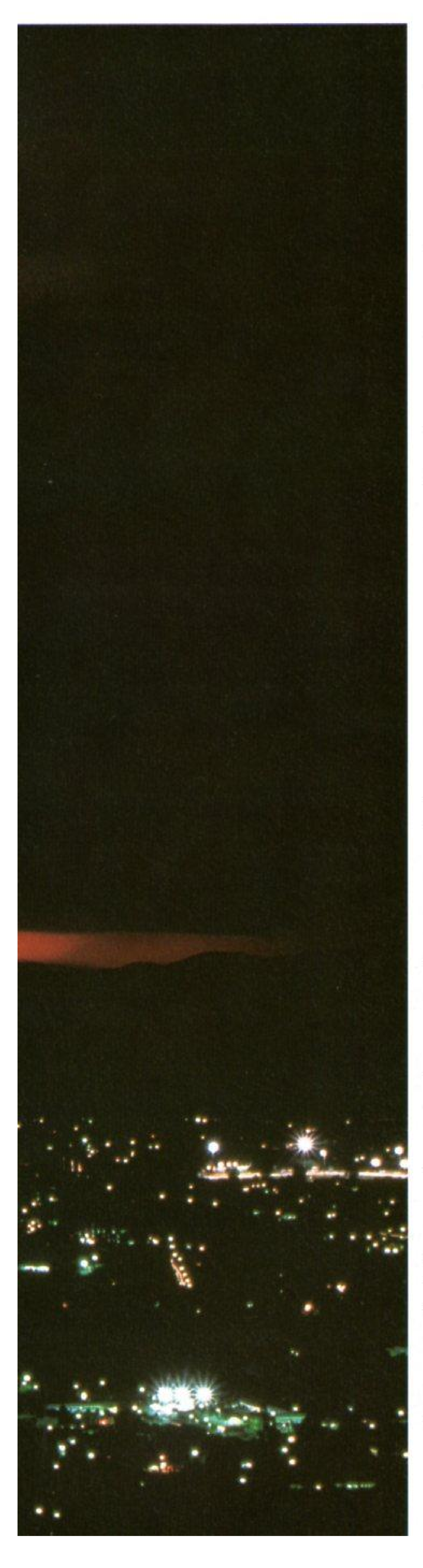
*Cuando los canales se conectan entre sí creando una resistencia eléctrica, mínima asciende desde el suelo una descarga de retorno en forma de destello incandescente (3).*

*A esta descarga de retorno sigue la primera descarga negativa hacia la superficie, tras lo cual unas y otras se alternan.*

# Truenos y relámpagos / 2







***El destello del relámpago,*** *de una gran belleza pero potencialmente letal, se abate sobre la ciudad de Tamworth, en Nueva Gales del Sur, Australia.*

*Pueden ser de diversos colores. En Estados Unidos, donde cada año se producen 10.000 incendios en bosques y herbazales a consecuencia de los relámpagos, los guardas forestales han llegado a la conclusión de que los relámpagos blancos tienen más facilidad para producir incendios que los rojos. La luz roja se produce cuando los átomos de hidrógeno contenidos en las gotas de agua son "estimulados" por el intenso calor del relámpago. Por el contrario, un relámpago blanco indica la ausencia de la lluvia que podría haber controlado el incendio. Los relámpagos azules suelen asociarse a la aparición de granizo, mientas que los amarillos pueden indicar la presencia de polvo en el cielo.*

*El rayo propiamente dicho no existe. Todas las explosiones asociadas a descargas de relámpagos se producen debido a que la humedad presente en los árboles, muros y superficies se evapora instantáneamente. Ello produce una expansión explosiva que arranca violentamente la corteza del árbol o las capas de yeso y de tierra. Lo que comúnmente se denominan rayos no son sino meteoritos o, con más frecuencia, trozos de fulguritas, esto es, los pequeños trozos alargados de cristal oscuro que se crean al pasar el relámpago a través de una masa de arena húmeda fundiendo sus gránulos en una "masa pétrea".*

La temperatura alcanzada es cinco veces superior a la del Sol, y el aire se expande de forma explosiva produciendo el característico rugido del trueno.

La luz viaja un millón de veces más deprisa que el sonido, por lo que podemos ver el resplandor antes de oír el estruendo que produce. Así, pueden calcularse los kilómetros (o millas) de distancia que nos separan del relámpago contando los segundos entre éste y el ruido del trueno y dividiendo entre tres (o cinco).

Fue el genial físico norteamericano Benjamin Franklin (1706–90) quien demostró que el relámpago constituía una forma de electricidad. En un experimento realizado en 1752, hizo volar una cometa fabricada con un pañuelo de seda hasta introducirla en una tormenta y mostró cómo las chispas eléctricas rebotaban entre sus nudillos y una llave metálica atada al extremo del artefacto.

Franklin solía divertir a sus amigos propinándoles descargas eléctricas, pero pocos de ellos llegaron a imaginar lo afortunados que eran hasta que el profesor Richmann, de San Petersburgo, resultó muerto durante una repetición del experimento realizada en 1753.

El relámpago busca siempre el punto superficial que menos resistencia eléctrica ofrece. Las cumbres de las colinas, los campos de golf, los campos de deporte y las superficies de agua constituyen los lugares más peligrosos frente a la amenaza del relámpago.

Aquellos que sufren la descarga de un relámpago soportan a menudo una fuerte corriente eléctrica capaz de detener el corazón y causar graves quemaduras. Sin embargo, una rápida administración de primeros auxilios puede reanimar a la víctima. El lugar más seguro para resguardarse durante una tormenta es el interior de un edificio. En caso de sufrir la descarga de un relámpago, ésta se desliza a través de las tuberías de agua y los circuitos eléctricos, pero puede afectar secundariamente a las personas, motivo por el que no conviene hablar por teléfono durante una tormenta. Los vehículos cerrados constituyen asimismo lugares relativamente seguros, ya que la carrocería metálica desvía el relámpago en torno a los ocupantes antes de hacer masa con el suelo a través de los neumáticos y las llantas.

# Torbellinos y tornados

Las capas térmicas que ascienden rápidamente y que generan y alimentan las tormentas pueden a veces elevarse en sentido giratorio formando la delgada columna de vientos en rotación que llamamos tornado. El tornado se inicia como una nube en forma de embudo que surge de la base de fuertes tormentas y se extiende velozmente en dirección a la superficie terrestre. Los vertiginosos vientos que la forman giran a menudo a velocidades superiores a los 160 km/h, aunque pueden llegar a alcanzar casi 500 km/h.

En Estados Unidos se producen anualmente entre 700 y 1.200 tornados, causantes de entre 50 y 100 muertes. En abril de 1974, una "superdescarga" formada por 148 tornados asoló trece estados causando 315 muertos, 6.142 heridos y 600 millones de dólares en daños materiales.

Los vientos giratorios (en sentido contrario a las manecillas del reloj) de un tornado de cierta fuerza pueden destruir edificios, volcar vehículos, aplastar remolques y desenraizar árboles a lo largo de una senda de destrucción que a menudo apenas alcanza unos pocos cientos de metros de anchura. Los edificios situados a pocos metros de distancia del tornado resultan intactos.

Algunos tornados poseen un poder de aspiración colosal, y llegan a elevar —e incluso a transportar— vehículos, tejados, personas y animales a lo largo de distancias considerables. En mayo de 1931, un tornado de Minnesota alzó en el aire cinco vagones de un tren expreso, con el resultado de 1 muerto y 57 heridos.

En Estados Unidos es corriente lanzar alarmas avisando de la proximidad de un tornado tan pronto se avista su presencia o cuando los radares meteorológicos detectan su formación en el seno de una tormenta. Aun contando con pocos minutos de preaviso, basta con buscar refugio en el interior de un edificio robusto y mantenerse alejado de las ventanas. Al enterarse de que un tornado se aproximaba a su domicilio de Gillespie, en Illinois, en marzo de 1948, una mujer buscó refugio en un pequeño armario situado bajo las escaleras. Cuando cesó la tormenta, las escaleras y el armario eran todo cuanto quedaba de su casa.

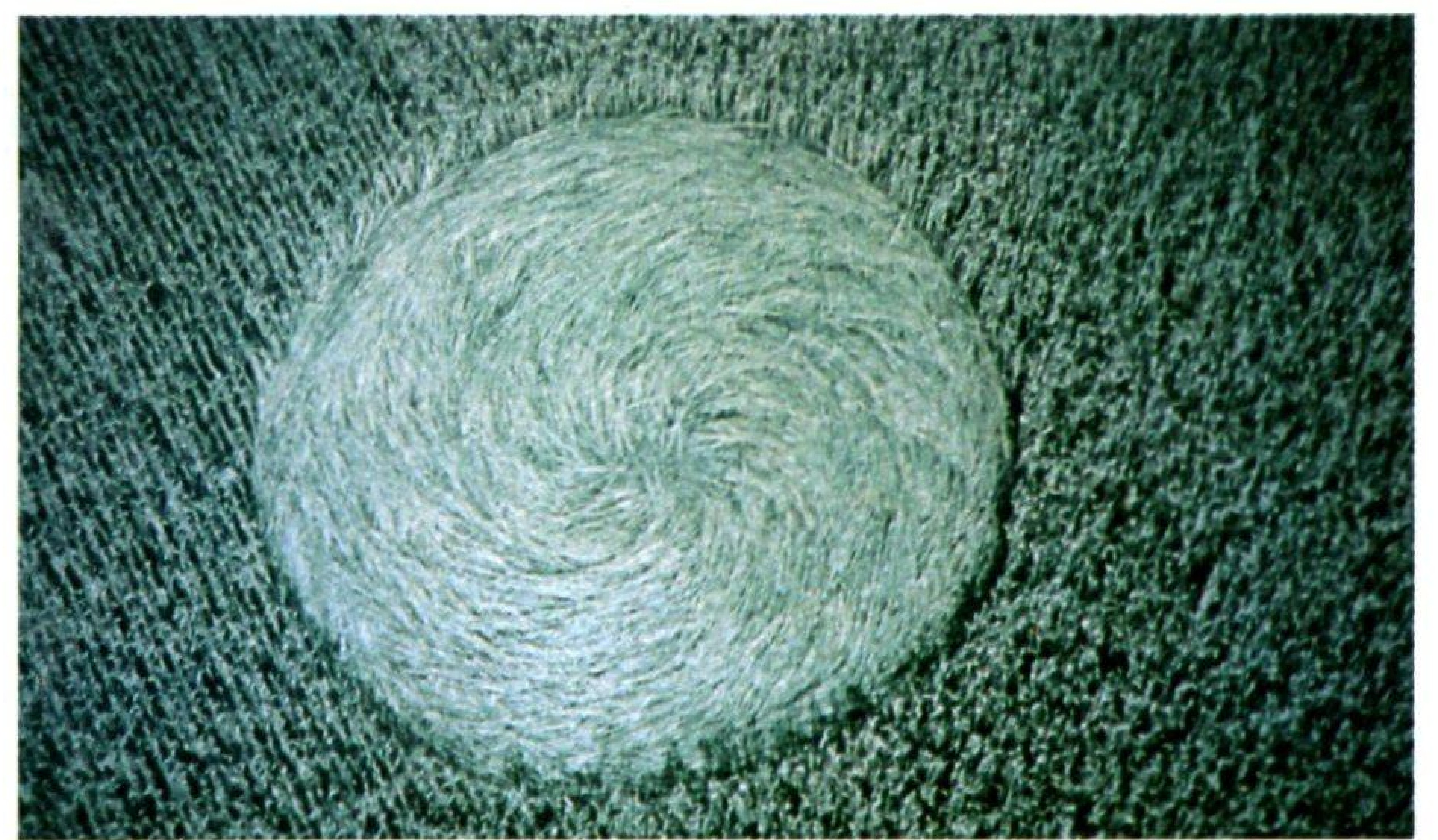
El pueblecito de Saragosa, en Texas, no recibió advertencia alguna de la llegada del tornado que se abatió sobre él en mayo de 1987. En pocos segundos, el torbellino devastó sus edificios, causando 40 muertos y más de 100 heridos.

Los tornados se desplazan con demasiada rapidez e irregularidad como para permitir la huida. En Wichita Falls, en Texas, 26 de las 43 personas muertas por el tornado de abril de 1979 sucumbieron en el interior de sus automóviles.

***Los tornados se presentan en diversas formas y tonalidades.*** *Su aspecto puede ser el de una estrecha columna cilíndrica —como es el caso de esta imagen tomada en Nebraska—, un ancho cono, una espesa masa amorfa o una cuerda delgada y retorcida. Los más anchos pueden estar compuestos de remolinos más pequeños pero no menos intensos que giran sobre un centro común.*

*El tornado es visible por el vapor de agua que se condensa en gotitas suspendidas en la zona de bajas presiones de su núcleo. A menudo, muestra un color que oscila entre blanco sucio y gris, pero puede presentar coloraciones exóticas si el viento aspira arenas rojas o amarillas. Algunos pueden resultar luminosos en el cielo nocturno debido a los relámpagos que se producen en su interior.*

*Los tornados son frecuentes en Argentina, Australia, Bangladesh, Europa, Japón, Sudáfrica y Estados Unidos. Los formados a consecuencia de una tormenta son más habituales en latitudes medias.*



***En el sur de Inglaterra*** *es frecuente hallar campos de cultivo salpicados de círculos casi perfectos de espigas aplastadas. Desde 1980 se han descubierto casi 3.000 círculos en cosechas de más de 30 países de todo el mundo.*

*Se trata de círculos planos de un diámetro de entre 4 y 30 metros.*

*Los círculos de las cosechas se producen por el efecto de torbellinos localizados que se desarrollan a partir del viento a medida que éste sopla sobre colinas y escarpaduras.*



# El ojo del huracán

Con objeto de evitar el sobrecalentamiento de los océanos tropicales de la tierra por la intensa radiación solar del verano, los mecanismos atmosféricos de intercambio térmico desencadenan enormes y potentes tormentas que transportan torrentes de energía, apartándola de los trópicos en dirección a las latitudes medias. Cada año se producen hasta 100 violentos ciclones o huracanes tropicales. A lo largo de su recorrido desde las latitudes bajas, cada uno de ellos descarga una cantidad de energía comparable a la de una erupción volcánica masiva. Si tal energía pudiera ser aprovechada, un solo día de tormenta bastaría para alimentar la totalidad de la producción industrial estadounidense durante un año.

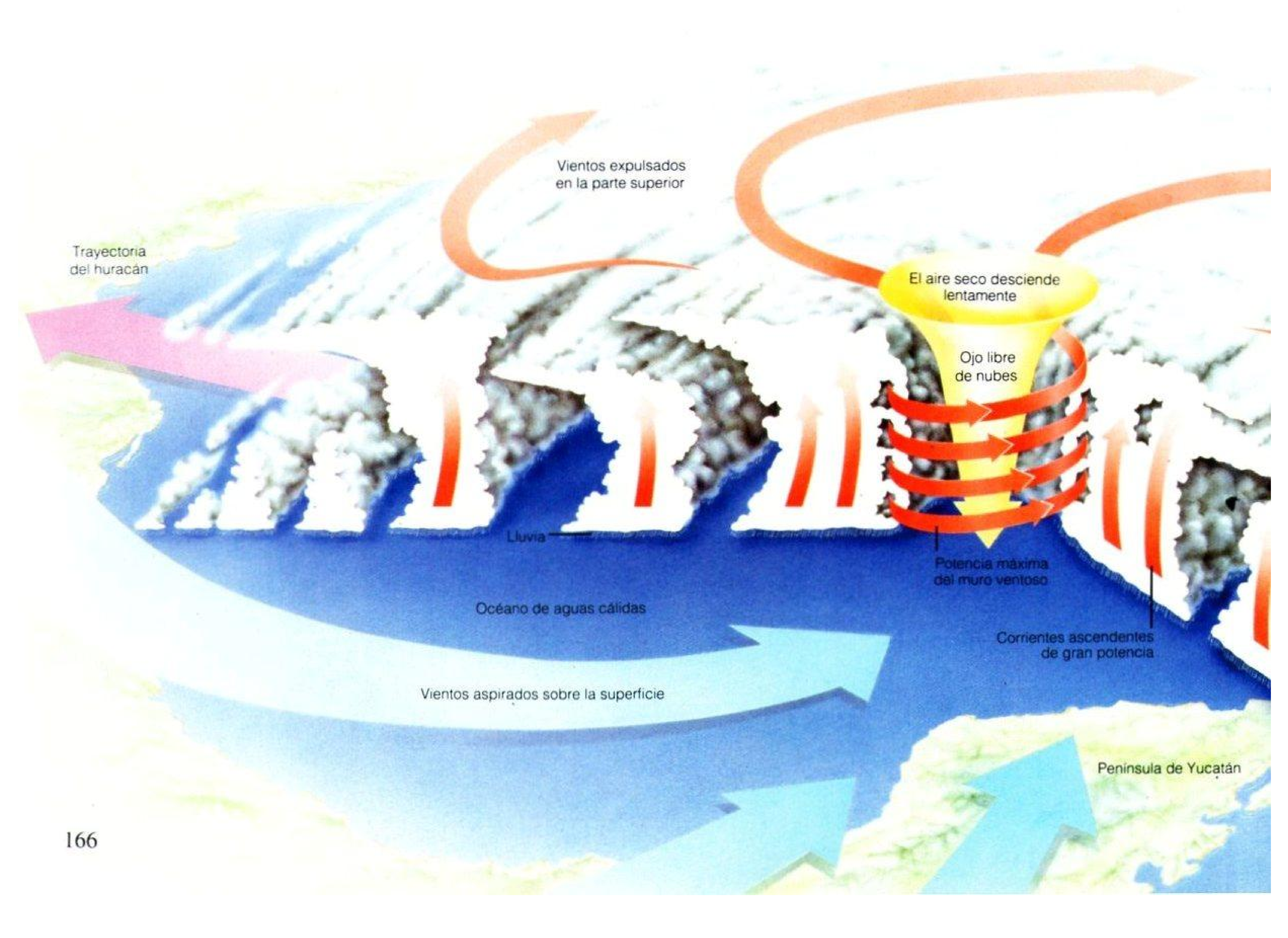
Los ciclones tropicales son fenómenos complicados. Pocas tormentas tropicales alcanzan la etapa de huracán, con su característico "ojo" de calma en el centro, rodeado por franjas espirales de tormenta y vientos que superan los 100 km/h. Cada año, los meteorólogos detectan entre los meses de junio y octubre unas 100 pequeñas tormentas en las proximidades de la costa occidental africana, pero tan sólo cinco o seis de ellas llegan a convertirse en huracanes peligrosos.

El seguimiento de los huracanes a medida que se aproximan a los países que rodean el golfo de México constituye una tarea esencial: su trayectoria debe ser determinada con la mayor precisión posible con objeto de poder salvar vidas a través de la evacuación de los territorios amenazados. Si bien los huracanes avanzan con lentitud (a una velocidad aproximada de 25 km/h), suelen describir un recorrido irregular. Con frecuencia se evacúan zonas tras recibirse el aviso de la llegada de huracanes que posteriormente se abaten sobre regiones separadas por 80–160 km de las previsiones iniciales.

Actualmente, el National Hurricane Centre de Miami consigue incrementar en un 50% anual la precisión de sus predicciones con 24 horas de anticipación.

***El recalentamiento de los océanos tropicales** despide a la atmósfera enormes cantidades de vapor de agua. Al elevarse, este aire cálido y húmedo forma masas nubosas. El aire irrumpe en su interior al nivel de la superficie para reemplazar el volumen saliente. Esto provoca una evaporación adicional de los mares, transfiriendo energía del océano a la atmósfera, lo que estimula la formación de cumulonimbos y la intensificación de las lluvias.*

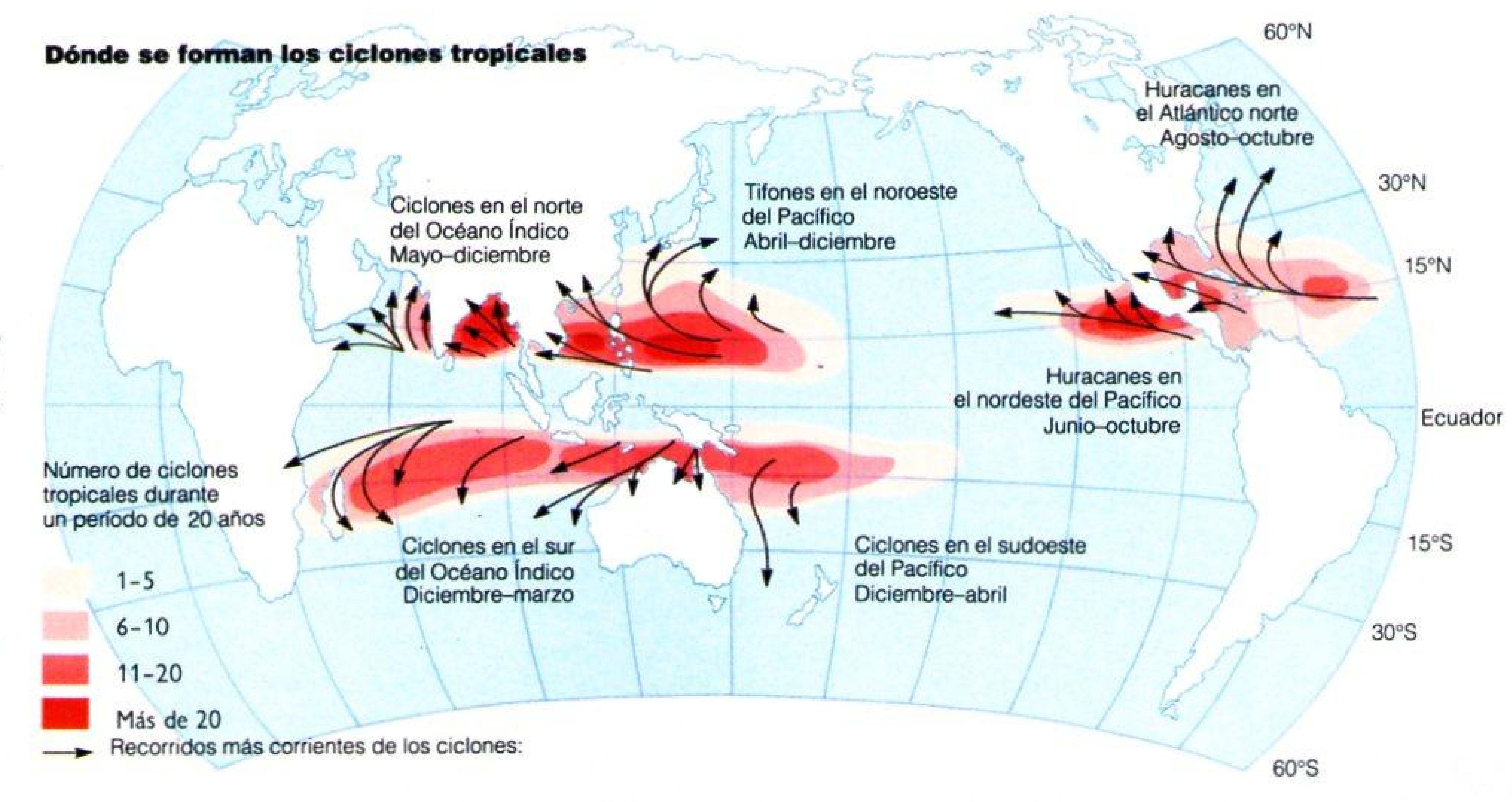
*La potencia de los vientos aumenta y éstos comienzan a girar (en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio*





*norte y en sentido contrario en el hemisferio sur) en torno a una zona central u ojo de la tormenta. El aire que asciende velozmente es expulsado al alcanzar la parte superior de las franjas espirales de la misma. Parte de dicho aire regresa al interior del ojo y desciende lentamente hasta calentarse al contacto con zonas de bajas presiones.*

*Tan pronto el huracán logra mantener el suministro de energía que recibe del mar, los vientos en espiral comienzan a girar más rápidamente. El ojo se torna circular y su tamaño disminuye hasta reducirse a 25–40 km de diámetro.*




Florida

Cuba

Vientos alisios dominantes del nordeste

***Los ciclones tropicales** se desarrollan sobre los océanos cálidos durante los meses más calurosos del año, bajo temperaturas superiores a los 27° C. Sudamérica se encuentra a salvo de estas tormentas debido a la relativa frialdad de sus aguas.*

*Estos ciclones no se forman en las proximidades del ecuador debido a que en dichas zonas la fuerza de rotación del planeta es demasiado débil. Una vez formados, se deslizan en dirección oeste transportados por los vientos alisios y alcanzan las latitudes medias, donde entran en declive.*

*En el Atlántico, los ciclones tropicales se denominan huracanes en recuerdo de Hunraken, el dios maya de los vientos. En el océano Índico se conocen simplemente como ciclones, que significa "serpiente arrollada"; finalmente, en el oeste del Pacífico se les llama tifones, nombre extraído de Tai Fung, que en chino significa "gran viento".*

# El ojo del huracán / 2

Los aviones meteorológicos atraviesan las violentas paredes nubosas de las tormentas para alcanzar el ojo central y recoger información acerca del tiempo, a la vez que los satélites vigilan desde el espacio la errática trayectoria de la tormenta .

En septiembre de 1988, el huracán Gilbert se convirtió en la tormenta más potente registrada en este siglo tras dejar a su paso un rastro de devastación que afectó a las islas del Caribe, México y la Península de Yucatán. Cuanto menor es la presión del aire en el ojo de un huracán, tanto mayor es el gradiente de presión entre la parte exterior e interior de la tormenta, lo que se traduce en una mayor velocidad de los vientos. El huracán Gilbert llego a tener una presión récord en su centro de 882 milibares, y sus vientos alcanzaron una velocidad constante de 280 km/h. Las personas sorprendidas en el exterior se vieron arrojadas de un lado a otro como si fueran hojas secas y bombardeadas por mortíferos proyectiles tales como señales de tráfico, ramas, tejas y trozos de vidrio.

A medida que el Gilbert avanzaba lentamente, las nubes que lo formaban descargaron un inmenso diluvio que transformó los riachuelos en furiosos torrentes y desencadenó numerosos corrimientos de lodo. En Monterrey, en México, cinco autobuses repletos de evacuados se vieron envueltos por una turbulenta riada, con el resultado de 140 personas muertas. En total, el huracán Gilbert causó 320 muertes y daños materiales calculados en 8.000 millones de dólares.

Comenzó a extinguirse tan pronto atravesó las costas de México y Texas. No obstante, si bien disminuyó la fuerza de sus vientos no ocurrió así con su poder destructor. No sólo continuó descargando lluvias torrenciales, sino que las tormentas creadas en sus bordes dieron lugar a la formación de más de 20 tornados que devastaron aún más el territorio.

Aún han de producirse peores ciclones tropicales. Durante las próximas décadas, estas tormentas se volverán más frecuentes e intensas a medida que los mecanismos atmosférico de intercambio térmico se vean obligados a aumentar su capacidad.

Los océanos tropicales ascenderán por encima de los 27°C de temperatura superficial en zonas más extensas y durante más tiempo, lo que incrementará el potencial de generación de estas tormentas.

***El huracán Gilbert se cirnió sobre Jamaica*** *en septiembre de 1988, causando 36 muertos y medio millón de personas (esto es, la tercera parte de la población) sin hogar. A su paso arrancó tejados, derribó muros y, tal como muestra la fotografía, arrastró embarcaciones, vehículos y aviones.*

*La baja presión del aire en el ojo del huracán convierte el mar en una gigantesca cúpula que se eleva a medio metro por encima de la superficie, altura que crece rápidamente tan pronto la tormenta penetra en las aguas poco profundas de la costa. Las olas del huracán Gilbert alcanzaron alturas de 6 metros, esparciendo muerte y destrucción a su paso al romper contra las costas de Jamaica y de otras islas próximas.*



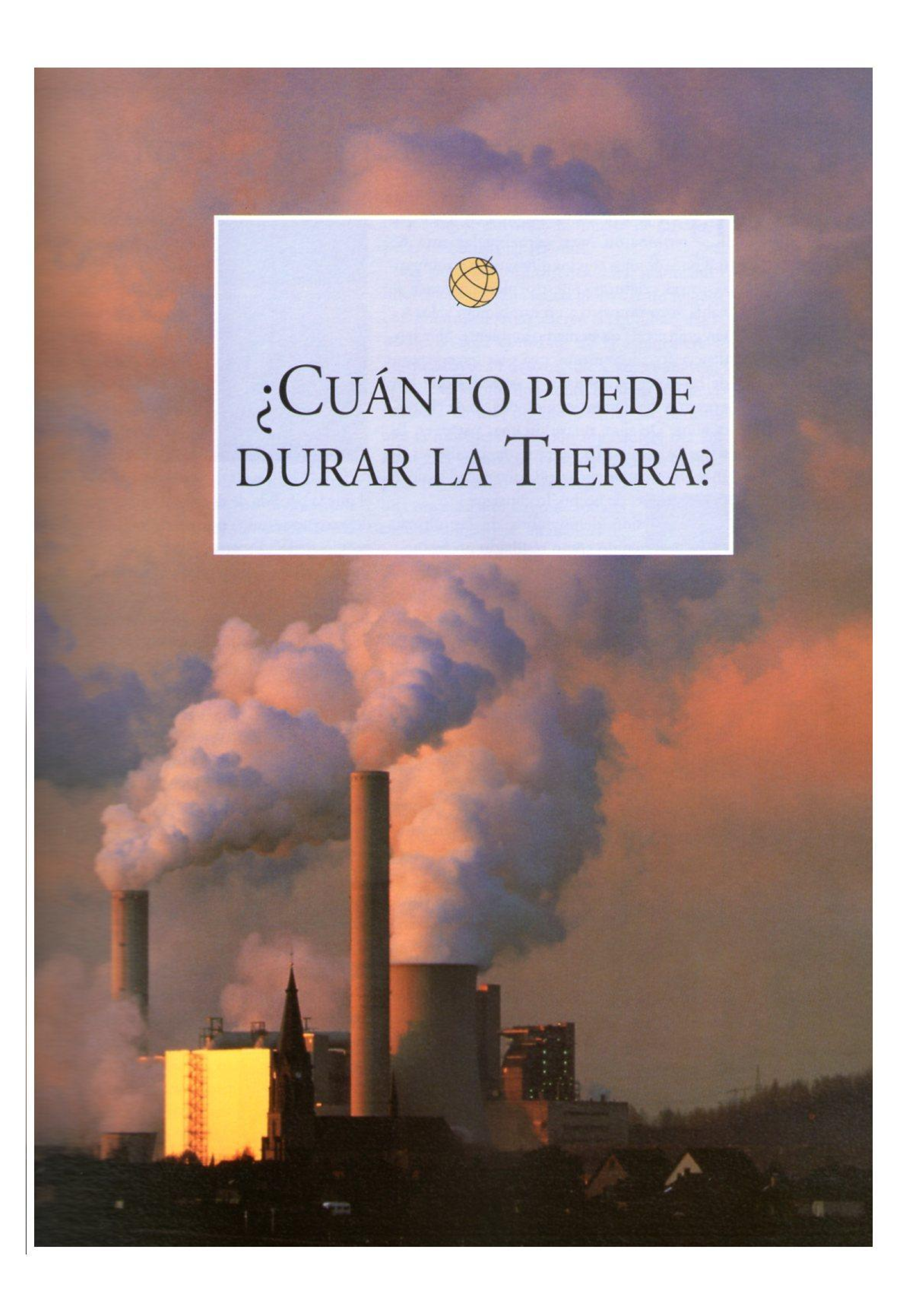
***El huracán Agnes asoló Estados Unidos*** *en junio de 1972, causando pérdidas materiales por valor de 4.000 millones de dólares (izquierda). Sus lluvias torrenciales dieron paso a inundaciones que obligaron a evacuar a 250.000 personas y provocaron 117 muertos.*

*El mayor número de muertes causadas por un huracán en Estados Unidos tuvo lugar en septiembre de 1900, cuando la ciudad de Galveston, en Texas, resultó destruida por una tormenta cuyo balance fue 6.000 muertos y 5.000 heridos.*

*Los ciclones tropicales que azotan zonas costeras densamente pobladas ejercen un impacto aún mayor. En abril de 1991, un ciclón con vientos de 225 km/h generó olas de 7 m de altura que barrieron el interior de Bangladesh causando 130.000 muertos y 460.000 heridos.*


NO PARKIN
NO WAITII




¿CUÁNTO PUEDE DURAR LA TIERRA?

# ¿Cuánto puede durar la Tierra?

Desde la serie de extinciones en masa que terminaron hace aproximadamente 65 millones de años con los dinosaurios y numerosas otras criaturas, nuestro planeta nunca se había visto expuesto a un cambio tan veloz y a tan gran escala de su medio ambiente. Si la tendencia actual continúa, casi una tercera parte de las especies animales y vegetales que hoy existen se habrán extinguido dentro de cuarenta años. De ellas, nueve décimas partes en las selvas tropicales. La tierra tardará millones de años en restaurar tan amplia diversidad biológica... si es que, de hecho, lo consigue.

La explosión demográfica de las últimas décadas ha tenido como resultado un fenomenal aumento en el consumo de los recursos naturales de la Tierra, incluyendo combustibles sólidos, minerales y agua dulce. A su vez, este incremento del consumo ha producido una fuerte polución de la atmósfera, los océanos, los ríos, los lagos y la tierra.

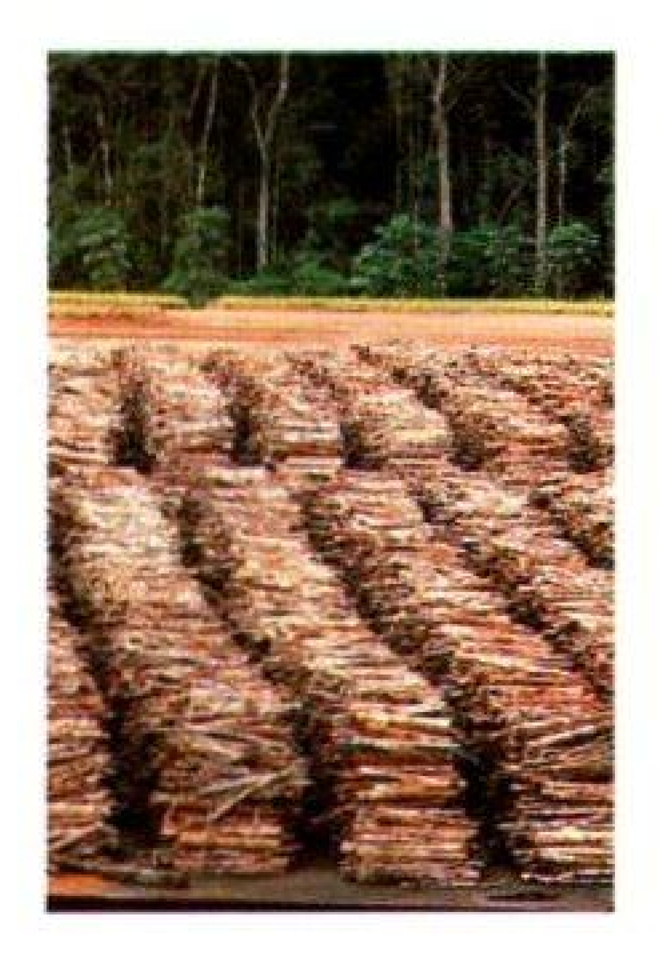
La población humana, que tardó todo un siglo en doblar su número de 1.000 a 2.000 millones de personas entre 1830 y 1930, tardó sólo cincuenta años en volver a doblarse: en 1975, existían ya 4.000 millones de seres humanos. Desde entonces, parece haber aumentado de década en década: 5.000 millones en 1987, 6.000 millones previstos para 1997 y hasta 10.000 millones en el 2040.



La mayor parte de este incremento tiene lugar en los países en vías de desarrollo, pero es el extravagante consumo de recursos por parte de las naciones desarrolladas el principal responsable de la degradación del planeta. Si bien los países desarrollados representan tan sólo el 25% de la población mundial, sólo sus habitantes consumen el 80% de los recursos de la Tierra.

***Una escena en exceso familiar del paisaje urbano (página anterior).*** *Una fábrica arroja residuos contaminantes a la atmósfera de la Tierra, con la consiguiente contaminación del aire que en el futuro acabará destruyendo el delicado equilibrio de la naturaleza.*

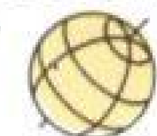
En un intento por mantenerse al día con el creciente número de bocas que es preciso alimentar, se han despejado vastas zonas de vegetación natural, expandiendo la agricultura a áreas sumamente vulnerables. El uso excesivo de la tierra ha desencadenado un proceso de descalcificación en el que la pérdida de cubierta vegetal y fertilidad del terreno termina por producir la pérdida del propio suelo, dispersado por el viento y arrastrado por las lluvias y los ríos. Cada año se desertizan 60.000 km² de territorio —una extensión casi igual a la de Sri Lanka— y casi una tercera parte de la superficie terrestre se encuentra amenazada por la desertización.



Los planes de irrigación inadecuados están destruyendo amplias zonas productivas. La mitad del territorio irrigado del planeta se encuentra o bien saturado por falta de un drenaje adecuado, o bien salinizado debido a que el agua se evapora dejando a su paso sedimentos salinos. Los ríos que alimentan los sistemas de irrigación y las centrales hidroeléctricas también están sufriendo efectos similares.

En Egipto, el delta del Nilo ya no recibe nuevos sedimentos fluviales debido a la presa de Asuán, por lo que está siendo erosionado por el mar. Los intentos realizados para cultivar algodón mediante irrigaciones con agua procedente del mar de Aral han reducido las reservas de este lago en dos terceras partes. Hoy, sus aguas se han salinizado y sus peces han muerto.

La agricultura industrial moderna recurre al uso masivo y frecuente de pesticidas, herbicidas y fertilizantes. Los productos químicos tóxicos y los nitratos son evacuados a los ríos, polucio-



nando las reservas de agua fresca y matando a las criaturas que los habitan. La contaminación del agua se ve incrementada por los desechos industriales y los residuos procedentes de las zonas urbanas. En este caso, no sólo se contamina el agua, sino también el aire. En total, un tercio de la población humana respira aires insalubres.

Una de las grandes tragedias de las décadas más recientes ha sido la destrucción de grandes zonas de selva tropical en Brasil, Colombia, Indonesia, Tailandia, Laos, América Central y algunas partes de África. Estos ecosistemas, altamente productivos, se están viendo devastados en busca de madera o quemados y despejados para su uso en ganadería, minería de hierro y aluminio, agricultura y sistemas hidroeléctricos.

Se construyen carreteras que llegan al corazón del Amazonas para estimular el asentamiento de colonos —familias sin hogar procedentes de regiones alejadas— que cultiven las zonas despejadas, incluso a pesar del hecho de que tan sólo un 3% del suelo amazónico se considera lo bastante fértil como para soportar más de una cosecha. Se ha perdido ya una séptima parte de la selva amazónica, y cada año se destruyen otros 120.000 km$^2$.

El consumo de combustibles fósiles tales como carbón, petróleo, lignito y gas natural para producción de electricidad, procesos industriales, calefacción doméstica y alimento de los 600 millones de vehículos que recorren las carreteras del mundo contribuye poderosamente a la polución del aire. La contaminación generalizada de la lluvia y la nieve por dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno está volviendo ácidos los suelos de los bosques y las aguas de los lagos, causando la muerte de árboles y peces de numerosas regiones.



La polución atmosférica está planteando nuevos problemas a escala global, dado que los compuestos clorados alteran el equilibrio natural de la capa de ozono de la estratosfera y desencadenan su destrucción. Cada primavera, la capa de ozono que cubre la Antártida se ve reducida en más de un 50%, lo que permite que la mortífera radiación ultravioleta del Sol alcance la superficie terrestre, dañando el fitoplancton marino y produciendo una reacción a lo largo de toda la cadena alimenticia. Actualmente, también el océano Ártico, Europa y Norteamérica se encuentran amenazados por la destrucción del ozono.



La combustión de materias fósiles, la ganadería y el cultivo de arroz añaden nuevos gases a la atmósfera, amenazando con crear un enorme planeta "invernadero" a lo largo de las próximas décadas. El incremento de la temperatura global causará un aumento en el nivel de los océanos y alterará las lluvias estacionales y los procesos tormentosos. Los efectos se dejarán sentir por la agricultura, las reservas de agua, las costas y los ecosistemas naturales, obligados a enfrentarse a tan rápido cambio.

Estamos destruyendo en pocos siglos o incluso décadas lo que ha tardado cientos de millones de años en formarse. De continuar así, se encuentra en juego el futuro de todo el planeta. Hoy día, más de mil millones de personas viven en la más absoluta miseria, 600 millones se encuentran al borde de la inanición y 50.000 niños menores de cinco años mueren de hambre a diario.

# Climas urbanos

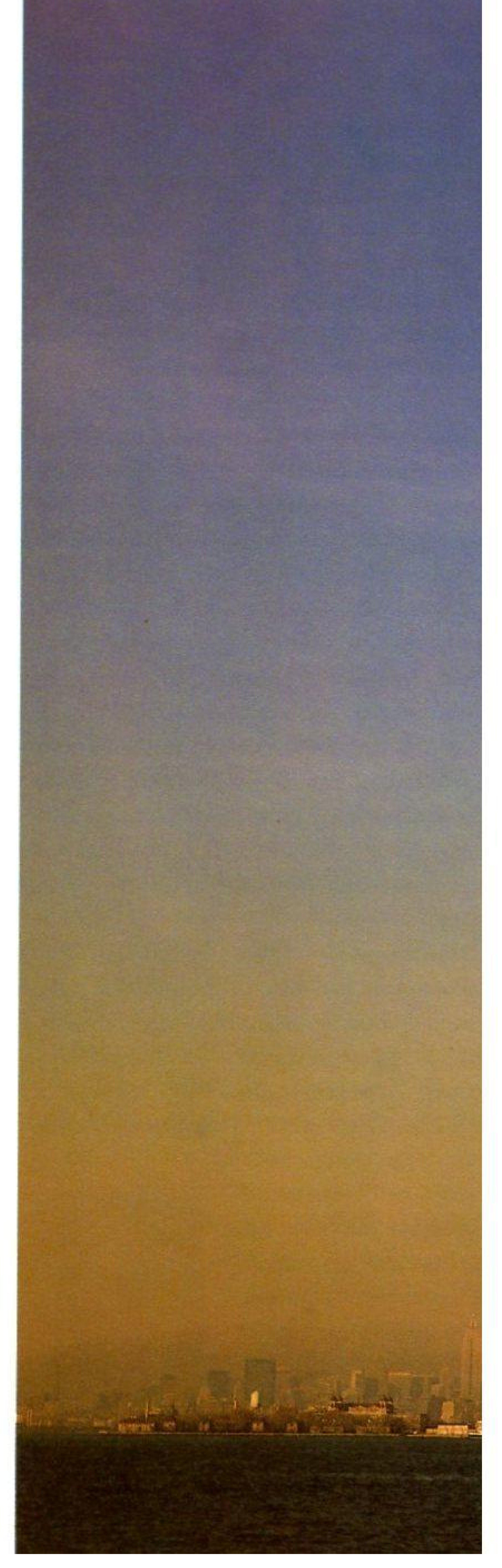
Cuando reemplazamos tierras de labor, bosques y herbazales por aparcamientos, fábricas, casas y carreteras, alteramos la temperatura, la humedad, la circulación del aire y la composición atmosférica de esas zonas. A medida que crecen las ciudades y se expande la densidad de sus construcciones, estas diferencias se ven aumentadas y la ciudad crea su propio clima local característico o microclima.

Durante la noche, el centro de las ciudades puede alcanzar una temperatura entre 5°C y 10°C superior a la de la campiña que las rodea. Estas islas de calor se desarrollan no sólo debido al calor que despiden la industria, los vehículos, los sistemas de calefacción y los acondicionadores de aire, sino también porque el asfalto, el ladrillo y los materiales empleados para construir los tejados absorben grandes cantidades de calor durante el día. Por la noche, el tejido urbano deja escapar este calor, lo que neutraliza en parte el enfriamiento nocturno.

Durante los inviernos fríos, los residentes agradecen la existencia de esta cúpula de calor sobre sus cabezas, pero durante el verano resulta casi imposible dormir por la noche. Los suburbios pueden verse parcialmente aliviados debido a que la isla de calor hace descender ligeramente la presión del aire en el centro, creando una corriente de aspiración que impulsa una fresca brisa procedente del campo.

El calor urbano y la irregularidad de las construcciones estimulan las formaciones nubosas y la lluvia e incluso llegan a producir tormentas. Ciudades tales como Londres, París y Nueva York llegan a experimentar aumentos de entre el 10–30% del nivel de lluvias. Si bien esta lluvia adicional es bien recibida por los campesinos, a menudo es considerablemente ácida y se encuentra polucionada por las emanaciones urbanas. Asimismo, y dado que en gran parte se presenta en forma de fuertes tormentas, contribuye a la erosión y produce inundaciones.

Cuando la lluvia desciende sobre áreas urbanas no tarda en ser canalizada por sus tuberías y vertida a los ríos, a menudo al cabo de tan sólo unas pocas horas. En las zonas rurales, sin embargo, la lluvia empapa el suelo, apenas se desliza sobre la superficie y tarda semanas o meses en alcanzar el río.



***Una nociva nube de humo envuelve Manhattan*** *durante las horas punta del viernes por la tarde mientras miles de vehículos vomitan polución por sus tubos de escape. El monóxido de carbono provoca dolores de cabeza, los óxidos de nitrógeno causan asma, el benceno es cancerígeno, el plomo daña el cerebro, el ozono irrita los ojos. Todos ellos contribuyen a la producción de smog o contaminación atmosférica.*

*El smog se desarrolla con tiempo frío o caluroso durante las horas punta del tráfico y cuando los sistemas de calefacción y aire acondicionado están en funcionamiento. Su presencia es manifiesta en los días de calma. En ciudades tales como Atenas, Berlín, Los Ángeles, México, Nueva York, São Paulo y otras muchas pertenecientes a Europa oriental, el smog es tan nocivo que llegan a darse alarmas avisando de que "respirar puede dañar la salud".*

*En tales casos, se recomienda a asmáticos, embarazadas, ancianos y enfermos de pulmón y corazón que permanezcan en sus casas.*

*Las autoridades urbanas han adoptado tres niveles de alerta frente al smog. El primero indica que su salud corre peligro; el segundo y tercero se destinan a la reducción voluntaria y obligatoria respectivamente de las emisiones de humos, animando a los habitantes a compartir sus automóviles, prohibiendo el tráfico en el centro y reduciendo la actividad industrial. En Santiago de Chile el smog se volvió tan intenso que en 1988 las autoridades lo hicieron rociar desde el aire con agua y detergentes.*



# La lluvia ácida

Durante las décadas de los sesenta y los setenta, la muerte de numerosos peces en los lagos europeos y norteamericanos comenzó a alertar a la gente acerca de los alarmantes efectos de la lluvia ácida. Durante los ochenta, los árboles de algunos bosques de coníferas comenzaron a mostrar signos de corrosión por ácido. Las investigaciones realizadas han revelado la seriedad del problema en Gran Bretaña, Checoslovaquia, Alemania y Polonia.

La lluvia es de por sí ligeramente ácida, ya que contiene dióxido de carbono. Sin embargo, la creciente polución atmosférica procedente de la industria y los vehículos ha contaminado tanto la lluvia que en ocasiones resulta 500 veces más ácida que en su estado natural. Si bien rara vez se alcanzan tales extremos, diversas partes de Europa y Estados Unidos experimentan una media anual de acidez diez veces superior a la normal.

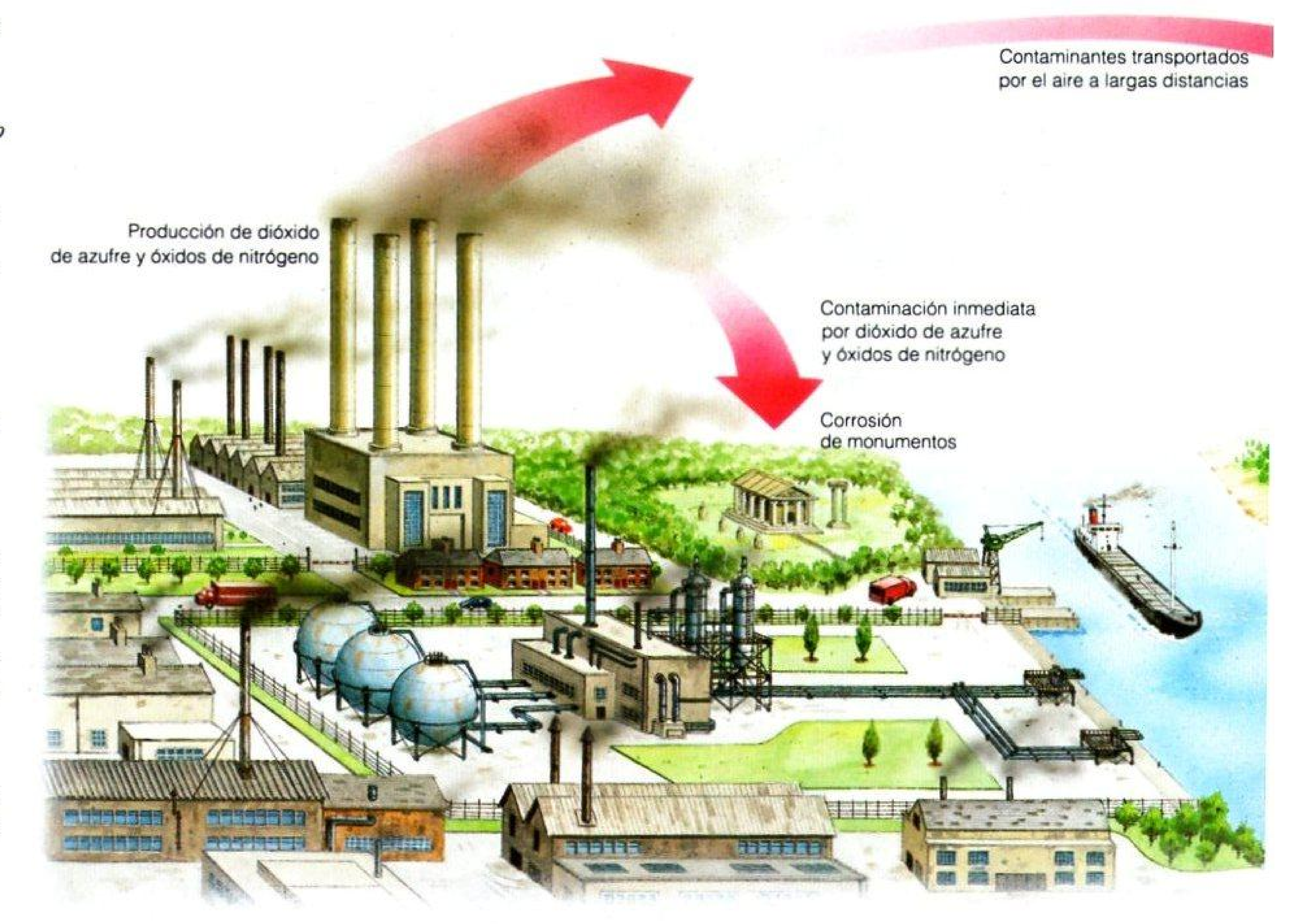
La lluvia ácida despoja al suelo que alimenta los árboles de numerosos nutrientes esenciales tales como el magnesio, el calcio y el potasio. La pérdida de calcio ejerce un efecto inmediato en la cadena alimenticia, pues los pájaros insectívoros comienzan a poner huevos de cáscara delgada y quebradiza.

En Suecia, la lluvia ácida descompone el cobre de las tuberías de agua, causando enfermedades infantiles. Incluso llega a teñir de verde la ropa, las bañeras y los cabellos. Asimismo, la lluvia ácida corroe las piedras de las catedrales y otros monumentos históricos irreemplazables.

Desde los años ochenta, las disputas políticas entre las naciones acerca de la necesidad de controlar la lluvia ácida se encuentran prácticamente resueltas. Hoy, todas las partes integrantes aceptan la necesidad de reducir la polución. El siguiente paso ha de consistir en incrementar las pequeñas reducciones de contaminación ya iniciadas hasta alcanzar al menos un 90% del total.

***Las regiones del mundo*** *que más sufren los efectos de la lluvia ácida son aquellas dotadas de suelos sensibles, esto es, que carecen del porcentaje adecuado de neutralizantes, fundamentalmente en áreas situadas dentro o cerca de grandes agentes contaminantes.*

*Numerosas naciones en vías de desarrollo están experimentando un veloz crecimiento urbano y, con ello, un aumento de la polución atmosférica. Es probable que en un futuro cercano países tales como Brasil, China, India, Malasia, Nigeria y Venezuela se vean enfrentados a un grave empeoramiento de la lluvia ácida.*




***La combustión de materiales fósiles*** *por fábricas, centrales eléctricas y vehículos libera dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. Estos gases no sólo ejercen un efecto nocivo sobre las cosechas, los árboles y los edificios locales, sino que atraviesan largos recorridos transportados por el viento. Durante el trayecto, los rayos solares los transforman en sulfatos y nitratos.*

*Estos contaminantes se resisten a caer al suelo una vez secos, y tan sólo la lluvia y la nieve logran extraerlos de la atmósfera. Así pues, son absorbidos por las nubes y convertidos en ácido sulfúrico y nítrico que posteriormente causan lluvias ácidas.*

*Las regiones montañosas sometidas a precipitaciones de lluvia o nieve ácidas están a menudo formadas de granito y otras rocas ígneas que producen suelos delgados que carecen de los agentes químicos neutralizadores de los ácidos que contiene, por ejemplo, la piedra caliza.*



Europa
China
India
Estados Unidos
Venezuela
Ecuador
Nigeria
Malasia e Indonesia
Brasil
Argentina

Suelos sensibles
Elevadas emisiones de contaminantes
Zonas problemáticas
Posibles zonas problemáticas

*La escala* ***pH*** *mide la acidez y alcalinidad de los líquidos. En ella, el agua destilada posee un pH 7 (esto es, neutro). Cada unidad de la escala multiplica por diez el grado de acidez: el pH 3 es 10 veces más ácido que el pH 4 y 100 veces más ácido que el pH 5.*

*Los lagos poseen un pH casi neutro debido a que los minerales tales como el calcio, liberados en sus aguas a través del suelo, neutralizan la lluvia natural. No obstante, este mecanismo amortiguador puede verse incapaz para absorber el incremento de acidez de la lluvia, lo que a menudo ejerce un efecto devastador sobre los peces que los habitan.*

La reacción con la luz solar transforma los óxidos en sulfatos y nitratos

La reacción con el vapor de agua produce ácidos nítrico y sulfúrico

En primavera, la nieve fundida produce torrentes ácidos

Los árboles se vuelven ralos y descoloridos y mueren

La acidez y el aluminio mata a los peces de ríos y lagos

Los ácidos destruyen los nutrientes vitales del terreno

La lluvia ácida libera el aluminio del terreno

Alcalinidad

| | pH | |
|---|---|---|
| | 14 | |
| | 13 | Lejía 13,0 |
| | 12 | Cal 12,4 |
| | 11 | Amoníaco 11,1 |
| | | Leche de magnesia 10,5 |
| | 10 | |
| | 9 | |
| | | Agua de mar 8,3 |
| | 8 | |
| | | Sangre humana 7,4 |
| **Neutralidad** | 7 | Agua destilada 7 |
| | | Leche 6,6 |
| Mueren los crustáceos, los moluscos, los salmones y las truchas | 6 | Lago sin polucionar 6,5-7 |
| Mueren los sábalos y los timalos | | Precipitaciones naturales 5-5,6 |
| Mueren los percas y los lucios | 5 | |
| Mueren las anguilas | | |
| Aumenta el musgo blanco | 4 | Cerveza 4 |
| | 3 | Manzanas 3,1 |
| | | Vinagre 2,8 |
| | 2 | Zumo de limón 2,2 |
| | 1 | Ácido de batería 1,0 |

Acidez

# Paisajes en transformación

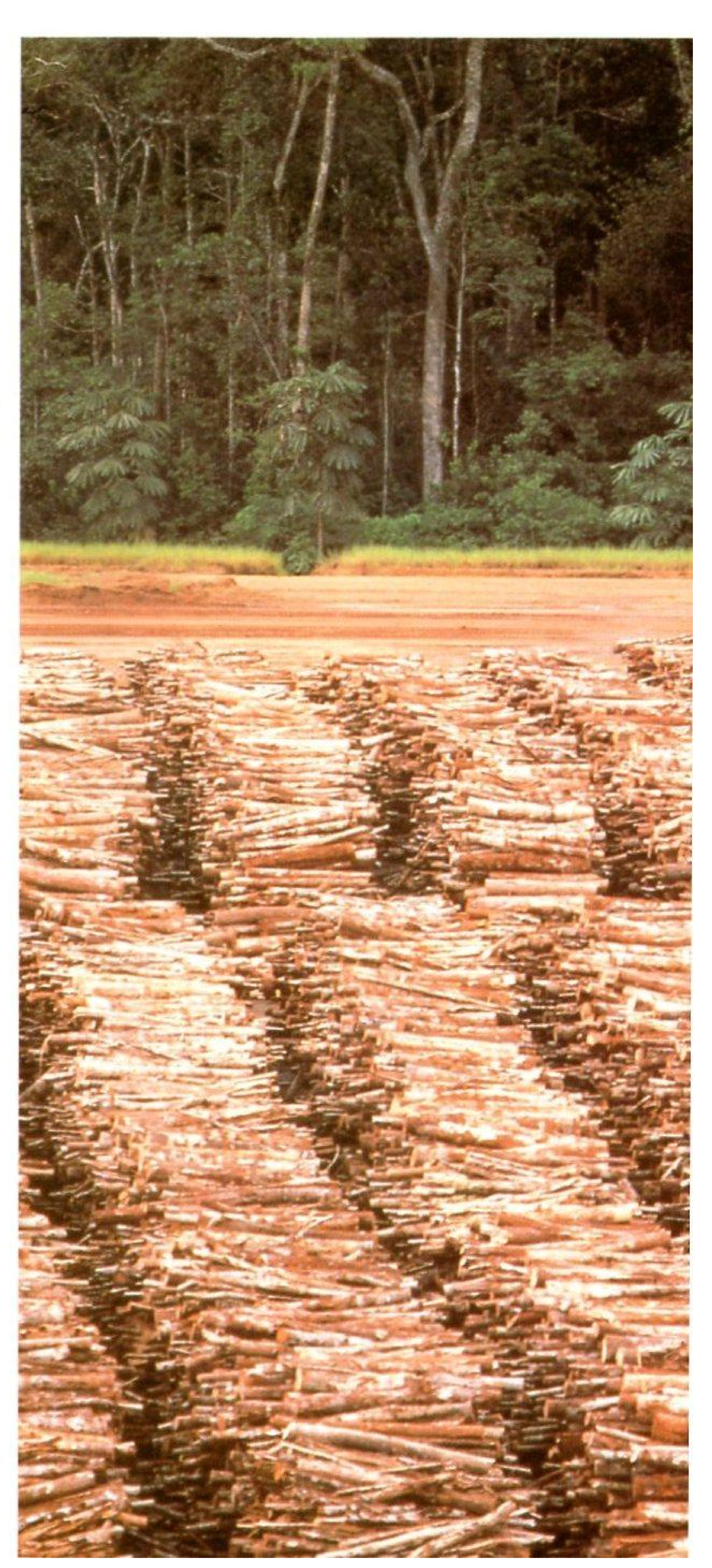
Las fuerzas naturales trabajan constantemente modelando y alterando los paisajes de la Tierra. Los cambios climáticos a largo plazo —atribuidos a las leves oscilaciones de la órbita terrestre y a los pequeños cambios en la cantidad de energía irradidada por el Sol— exponen la superficie del planeta a oscilaciones de los niveles de lluvia y de temperatura. Asimismo, el lento proceso geológico de la tectónica de placas que desplaza incansablemente las masas terrestres desde las regiones polares a las tropicales expone también a la tierra a distintos climas durante períodos de millones de años.

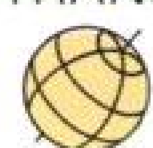
A lo largo de ese proceso geológico, las placas terrestres chocan y se fragmentan, creando colinas, montañas y nuevos suelos a partir de masas de tierra y fuego que a continuación se ven expuestos a los otros dos elementos restantes: aire y agua. Ambos agentes, en forma de viento, lluvia, nieve y hielo, comienzan lentamente a alisar el terreno de nuevo a través de procesos de desgaste, erosión y sedimentación, creando los paisajes.

No obstante, también hay fuerzas que se oponen al desgaste y la erosión: tan pronto logra establecerse sobre una nueva superficie, la vegetación combate la erosión trazando un entramado viviente de raíces que, junto con la barrera física formada por la propia vegetación, mantiene el suelo estable frente a la lluvia que, de otro modo, lo arrastraría hasta el pie de las laderas. La vegetación crea asimismo microclimas que suavizan los efectos más extremos del clima.

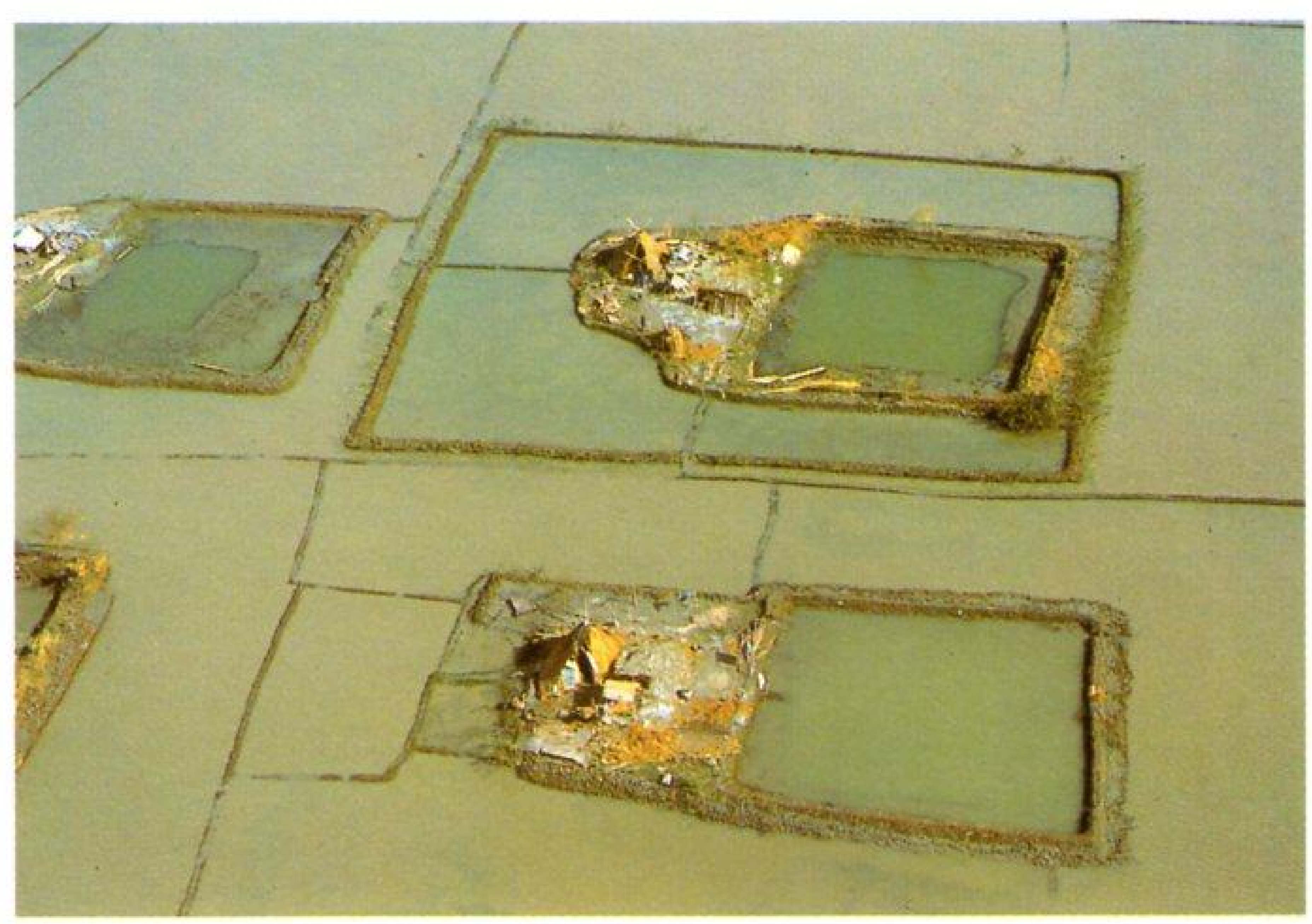
De hecho, en el contexto de los inexorables cambios desarrollados por las variaciones climáticas y geológicas en gran escala, el efecto de la vegetación es estabilizador, ya que mantiene la forma de la tierra. Las plantas, sin embargo, no son los únicos seres vivos que colonizan el paisaje. Criaturas de todo tipo habitan junto a las distintas especies vegetales de las que obtienen su alimento. Tan sólo hay una de ellas que parece estar ejerciendo un profundo efecto sobre los paisajes del mundo: el hombre y el acelerado ritmo de transformación al que está sometiendo al planeta.

Dicho efecto se ha visto causado en gran parte por los cambios sufridos por la vegetación. La destrucción de las selvas tropicales por parte de la industria maderera o por los colonos ganaderos y agrícolas constituye el ejemplo más evidente.









*La destrucción de la selva amazónica (página anterior) cuestiona seriamente la interacción del hombre con su entorno. Por una parte, parecería arriesgado destrozar un ecosistema que ha evolucionado a lo largo de millones de años para aprovechar un suelo pobre y exponerlo a potentes lluvias, pues ello conduce a una pérdida de fertilidad y a una rápida erosión. Por otra parte, para un pobre granjero o leñador esta actividad proporciona espacio para cosechar alimentos que alimenten a una familia que de otro modo moriría de hambre o permite la adquisición de los mismos con la venta de la madera.*

*En Bangladesh, la población ha de enfrentarse a los torrentes de agua que descienden del Himalaya tras las lluvias monzónicas. Con cuidadosos sistemas de irrigación (arriba) puede evitarse la erosión del suelo y estimularse la sedimentación de nuevos y fértiles bancos de cieno. Dicho cieno procede de las regiones deforestadas río arriba, previamente erosionadas por el agua que luego produce las inundaciones.*




*Una colina antes y después de su deforestación (izquierda). Parte de la lluvia que cae sobre los bosques se evapora. Aquella que se deposita sobre el suelo es absorbida por las raíces o retenida en el terreno para luego ser devuelta lentamente a los ríos.*

*Tras la deforestación, se forman hondonadas por las que se deslizan el suelo y el agua. En climas de grandes lluvias tropicales, la tierra se erosiona e inunda, produciendo corrimientos.*

# Paisajes en transformación / 2

Destruida la vegetación, el agua arrastra el suelo y erosiona el paisaje. Más tarde, ese sedimento se deposita en lagos o deltas en los que interfiere la formación natural de canales fluviales.

Los cambios en la vegetación ejercen también otros efectos más sutiles, uno de los cuales puede ilustrarse con la creación de la "cuenca de polvo" del medio oeste norteamericano durante la década de los treinta. En primer lugar, se arrasaron los herbazales y se plantaron cosechas año tras año. El suelo fue calcinado por sequías que impidieron el crecimiento de las cosechas, y el viento arrastró las capas superiores.

Hoy día, la agricultura intensiva es responsable en numerosas partes del mundo de la pérdida de grandes cantidades de suelo fértil. Sin embargo, las transformaciones del paisaje no sólo proceden de los cambios en la vegetación. La construcción de presas hidroeléctricas y la extracción excesiva de agua de los ríos para la irrigación de los campos alteran el transporte de sedimento por parte de estos últimos. La extracción mineral en gran escala produce hundimientos y amontonamiento de escombros. Sin embargo, hay ciertas actividades humanas que parecen resultar favorables, entre ellas la irrigación de regiones áridas para la plantación de cosechas y la plantación de árboles para construir barreras contra el viento.

La presión demográfica es el mecanismo que estimula el continuo ataque que soporta el medio. A medida que aumenta el número de seres humanos hay cada vez más bocas que alimentar, y allí donde la simple supervivencia no constituye el principal problema existe una continua expectación por mejorar la calidad de vida. En los territorios semidesérticos resulta difícil para un pastor cuya familia pasa hambre impedir que su ganado someta al suelo a un despojo excesivo, estimulando con ello la desertización.

En muchos casos, resulta difícil determinar con precisión cuál ha sido el factor clave que ha producido un cambio. Después de todo, los seres humanos son un componente más dentro de un sistema complejo. Lo que sí es seguro es que las consecuencias de la transformación del paisaje son, en el mejor de los casos, impredecibles; en el peor, podrían resultar catastróficas.

***Por medio de la agricultura**, el hombre ha conformado el paisaje según sus necesidades. Estas terrazas de arrozales filipinos, construidas hace al menos 2.000 años, se conservan cuidadosamente con objeto de aprovechar al máximo la tierra fértil.*

*Los arroyos son desviados, el agua se recoge en los campos escalonados. Se calcula que las terrazas alcanzan una longitud total de 22.500 km, longitud que se incrementa anualmente a medida que los campesinos continúan asentándose en la montaña y utilizando rocas para construir muros de retención alrededor de los pequeños lechos que forman el arrozal. En conjunto, constituye un laborioso proceso destinado a cubrir las necesidades alimenticias de regiones densamente pobladas.*



***La irrigación del desierto egipcio** ha creado un inmenso círculo fértil de distintos tonos de verde. Sin el precioso recurso del agua nunca habrían podido crecer las cosechas.*

*El suministro de este elemento ha de ser seguro y constante, lo que supone desviar el agua de los embalses de los ríos o extraerla de las profundidades del terreno.*



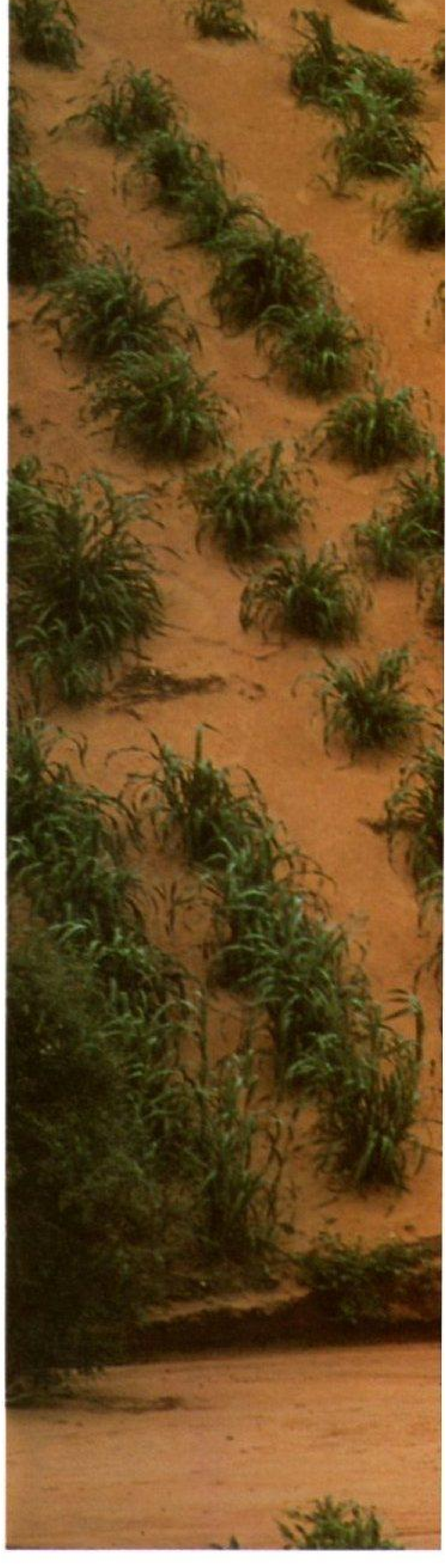
# El avance de los desiertos

No hay forma de existencia más precaria que el intento de supervivencia en las áridas tierras que rodean a los desiertos. De hecho, hasta 135 millones de unos 100 países africanos, indios y sudamericanos han de enfrentarse al problema del avance de los desiertos.

Aproximadamente una tercera parte del planeta se encuentra clasificada como árida o semiárida. La clave son las lluvias: los desiertos tienen menos de 250 mm de lluvia al año; las regiones semiáridas vienen a tener aproximadamente el doble. Según algunos expertos, cada día se desertiza una superficie media de 100 kms$^2$ del planeta. El término habitualmente utilizado para describir esta creciente amenaza es desertización.

La propagación de las condiciones desérticas se debe a la influencia del hombre y a los cambios climáticos. Se piensa que la actual velocidad de transformación obedece a una combinación entre las actividades humanas a escala local y global y una sucesión de años de sequía. A nivel global, el efecto del aumento de los gases de invernadero puede estar contribuyendo al aumento en el número de años dominados por la sequía.

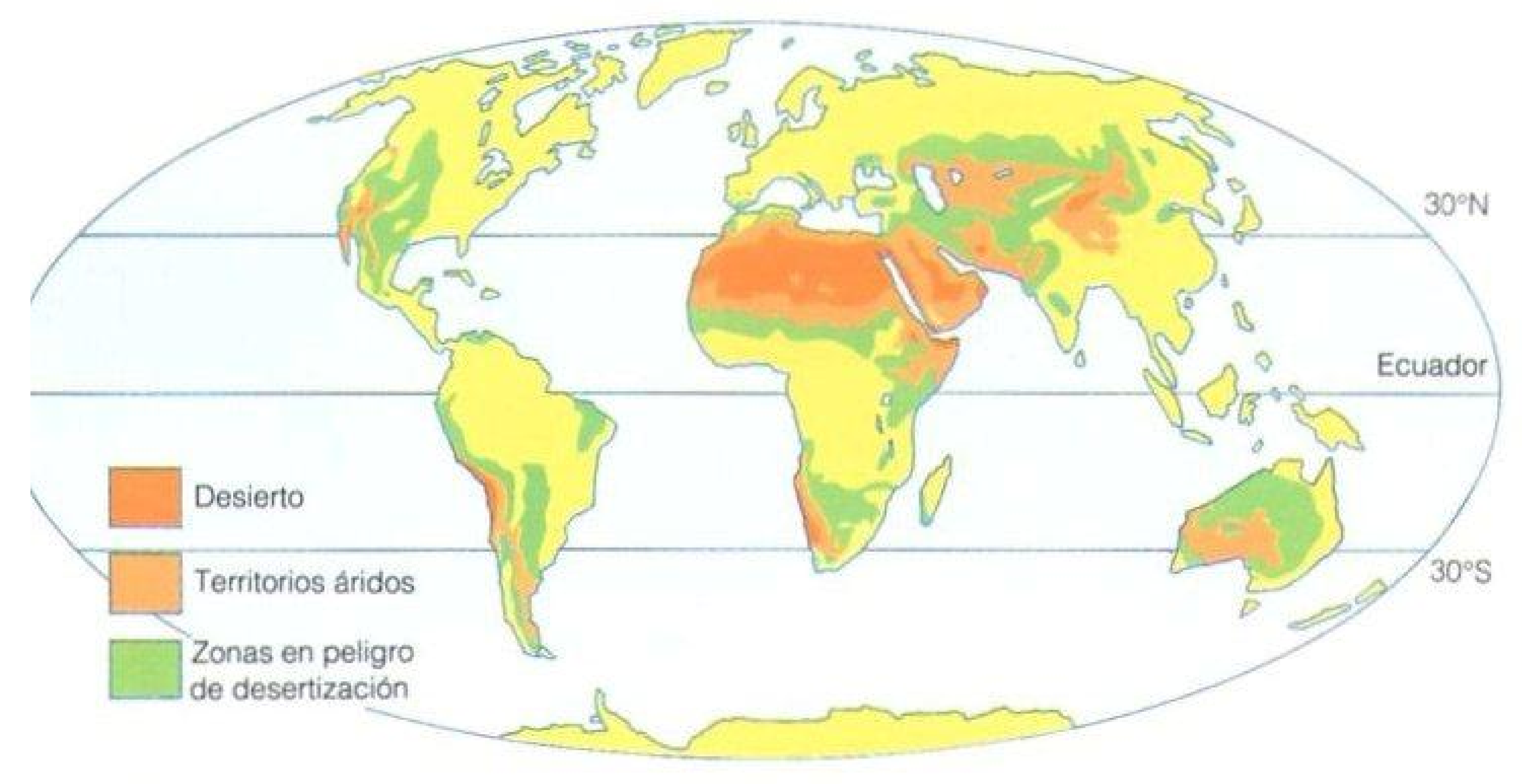
A nivel local, la destrucción de la vegetación para comercializar la madera, alimentar al ganado y realizar cultivos intensivos en suelos pobres conduce a una descomposición de los sistemas aglutinantes del terreno que ésta suministra. De este modo, el suelo carece de refuerzo alguno y es esparcido por el viento o arrastrado por las infrecuentes lluvias. Sin suelo no puede haber cosechas, y la superficie no puede retener la lluvia. El desierto avanza trozo a trozo en lo que en otro tiempo fueron territorios fértiles, y sus habitantes sufren cada vez más el asedio del hambre.



***En el Sahel** de Níger, en África, se planta mijo en un intento de detener el avance del desierto del Sáhara y como medio de alimentar a la hambrienta población de esta región, considerada en otros tiempos como una zona agrícola relativamente buena. Se trata de una de las regiones más gravemente afectadas por la sequía, y la propagación del desierto en dirección sur se ha multiplicado por seis durante los últimos años.*

*Se están ensayando diversos métodos para detener este avance. En Argelia, se plantan árboles en los límites del Sáhara.*

*En otro tiempo, el Sáhara era una tierra fértil de bosques y herbazales salpicada de campos de trigo que cultivaron y cosecharon los romanos. Entonces, resonaba en ella la voz de numerosas especies animales. Hoy, tan sólo se ve alterada por el grito de las aves carroñeras.*




***Casi un 20% de la superficie terrestre** es ya desierto, y otro 13% se considera semiárido. El mapa muestra la localización de estas regiones junto con aquellas que corren más peligro de desertización.*

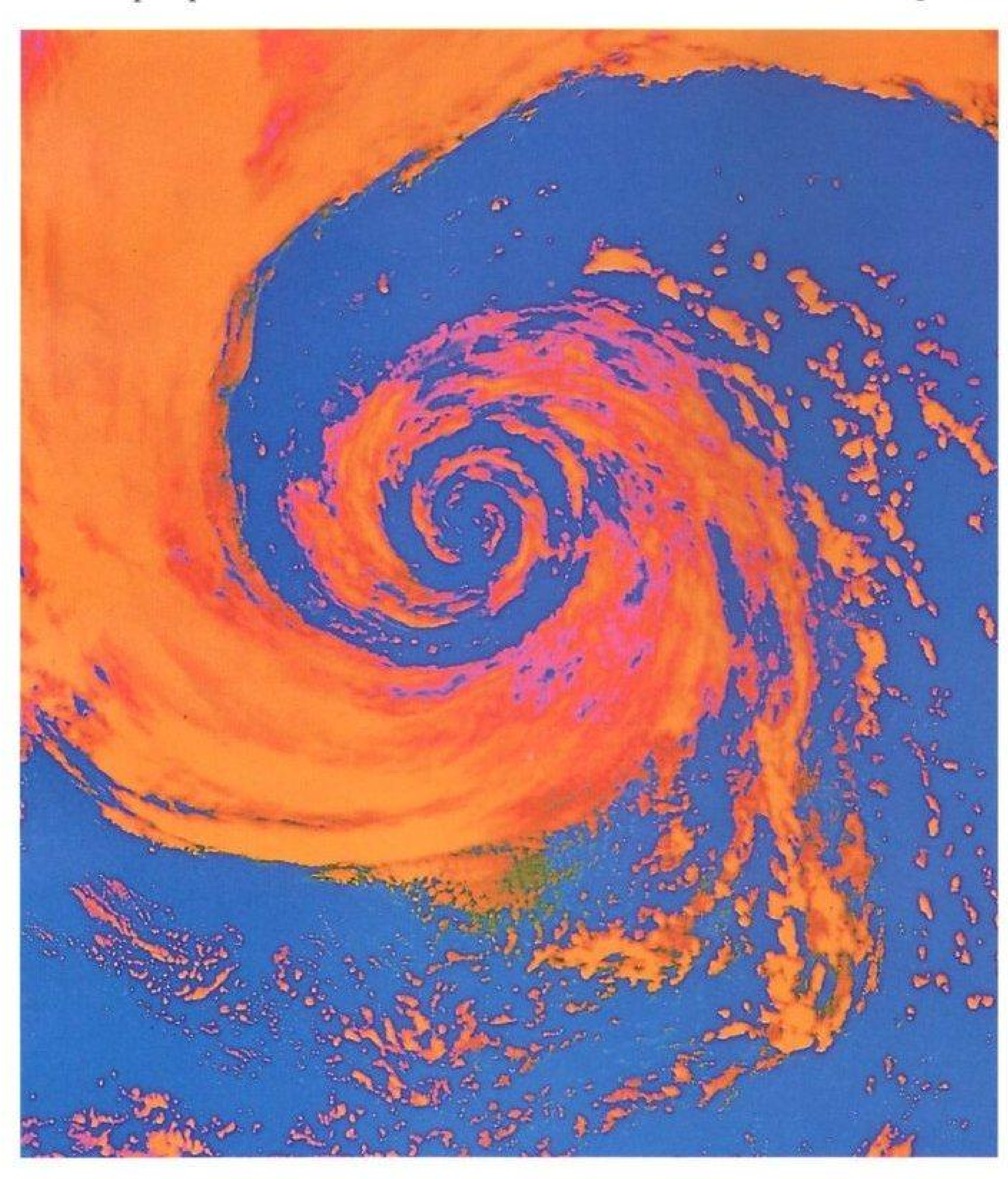


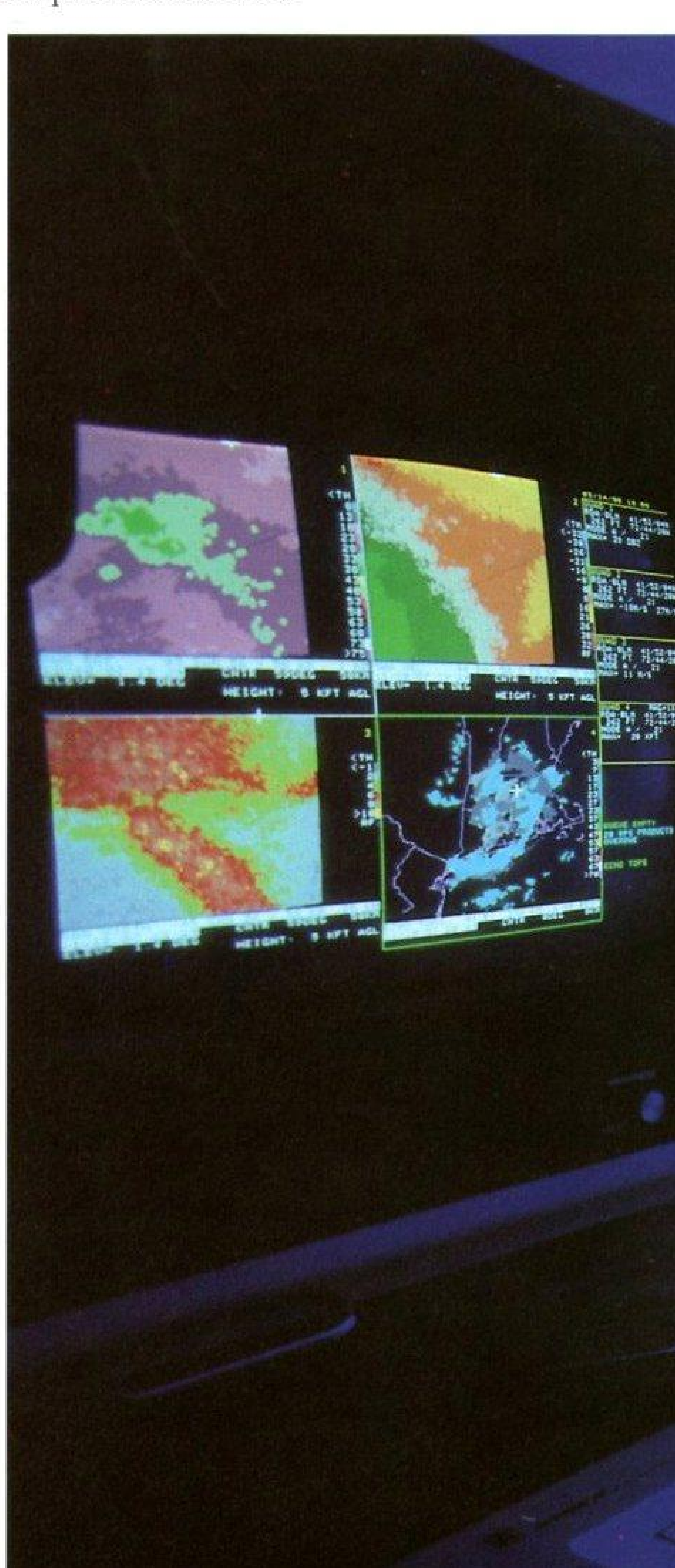
# El control de los mecanismos climáticos

Entre comprender el funcionamiento de los mecanismos climáticos y llegar a dominarlos hay una gran diferencia. En tiempos remotos, los procesos de control del clima se restringían a las súplicas realizadas a los dioses. Sin demasiado éxito, se ensayaban sacrificios religiosos, toques a rebato, oraciones y danzas de la lluvia. Durante la década de los cuarenta, no obstante, los científicos descubrieron que al rociar ciertas nubes con productos químicos tales como yoduro de plata o hielo seco podía forzarse la descarga de lluvia o nieve por parte de las mismas.

Estos productos químicos se comportan como cristales. Obligan a las gotitas de agua a evaporarse y depositarse sobre sus núcleos. Al crecer éstos, se convierten en grandes cristales de hielo que descienden de la nube en forma de nieve, derritiéndose a veces durante el proceso y transformándose en lluvia. Según se afirma, se han logrado aumentos del 25% de lluvia con estos procesos. Las catastróficas inundaciones que en 1972 asolaron Rapid City, en Dakota del Sur, se atribuyeron a la lluvia artificial.

Se realizan experimentos para el control del





***Las tormentas de viento, tales como este ciclón** que vemos desarrollarse en el mar de Bering, frente a la península de Kamchatka (representada con colores falsos por medio de ordenador), causan más muertes y destrucción que ningún otro fenómeno natural.*

*Se ha intentado rociar los huracanes con productos químicos de estimulación de lluvia en un intento de frenar la fuerza de sus vientos. En 1947, se roció una tormenta que se desplazaba desde la costa este de Estados Unidos, pero ésta giró en redondo y se desplazó hacia Georgia, causando graves daños.*



clima por doquier. Los rusos afirman que Moscú se mantiene libre de nieve gracias al rociado de las nubes con yoduro de plata. Como medio barato de prevenir la nieve, llegan a rociar las mismas con polvo de cemento, lo que interrumpe sus corrientes ascendentes. Los científicos norteamericanos utilizan pequeños cohetes que arrastran cables para neutralizar las tormentas cuando existe riesgo de que la lanzadera espacial sea golpeada por un relámpago durante el despegue. En algunas regiones vinícolas de Europa, las tormentas de granizo son rociadas para estimular la formación de gran número de pequeñas piedras, mucho menos dañinas que las gruesas.

La niebla ocasiona graves interrupciones del tráfico aéreo, lo que puede evitarse rociando la misma o evaporándola con el calor procedente de grandes baterías de motores, sistema ya empleado en el aeropuerto francés de Orly. Durante la década de los sesenta, se instalaron grandes escobones de filamentos de nailon a lo largo de una autopista de Nueva Jersey para eliminar la niebla. Al girar, las escobas recogían gotitas de niebla en los filamentos.

***La tecnología avanzada*** *desempeña un papel vital en los modernos sistemas de control y previsión del tiempo. Los veloces ordenadores resultan esenciales para ordenar la inmensa cantidad de datos meteorológicos recibidos de los satélites, los globos sonda, las estaciones de tierra y las boyas oceánicas.*

*Dicha información llega en forma de datos instantáneos, esto es, en tiempo real. Los satélites pueden seguir el errático recorrido de una tormenta, y el radar puede penetrar en la misma y vigilar su desarrollo.*

*El radar se emplea para identificar aquellas tormentas en las que se ha iniciado la producción de grandes piedras de granizo. Cuando se descubre que una tormenta es peligrosa, se bombardea su interior con cohetes que liberan cristales de yoduro de plata.*

*Estos cristales actúan a modo de núcleos de formación de granizo y estimulan la producción de numerosas piedras pequeñas en lugar de pedruscos más grandes y dañinos. Las primeras pueden entonces caer sobre las cosechas sin apenas producir daños o fundirse durante el recorrido y caer en forma de lluvia.*

# La capa de ozono

Las actividades humanas están dañando seriamente la capa de ozono que protege la vida terrestre de los nocivos efectos de los rayos ultravioleta del Sol. Los clorofluorocarbonos (CFCs) y otros agentes químicos están destruyendo esta elevada pantalla solar y permitiendo el paso hacia la superficie terrestre de crecientes cantidades de radiación biológicamente perjudicial.

La destrucción del ozono está empeorando sobre el Ártico y las latitudes medias, densamente pobladas, pero la Antártida es la zona más afectada. Cada primavera austral desaparece prácticamente todo el ozono de entre 13 y 22 km de estratosfera antártica. Este agujero, 1 1/2 veces mayor que todo el territorio de Estados Unidos, afecta al ozono situado 22 km más abajo. Sobre él, sin embargo, apenas se encuentra dañado, por lo que el "agujero" es más bien un adelgazamiento.

El ozono es un gas formado por tres átomos de oxígeno en lugar de los dos que forman el oxígeno "normal", y se encuentra presente en toda nuestra atmósfera. Desde que el oxígeno intervino por primera vez en la composición de nuestra atmósfera, ha existido una capa de ozono que se ha mantenido en un estado de equilibrio dinámico a lo largo de millones de años. El ozono se crea y destruye continuamente, pero su cantidad total ha permanecido prácticamente inalterada con excepción de pequeñas fluctuaciones producidas por la actividad solar o las erupciones volcánicas.

La situación cambió en la década de los sesenta, cuando comenzaron a emitirse grandes

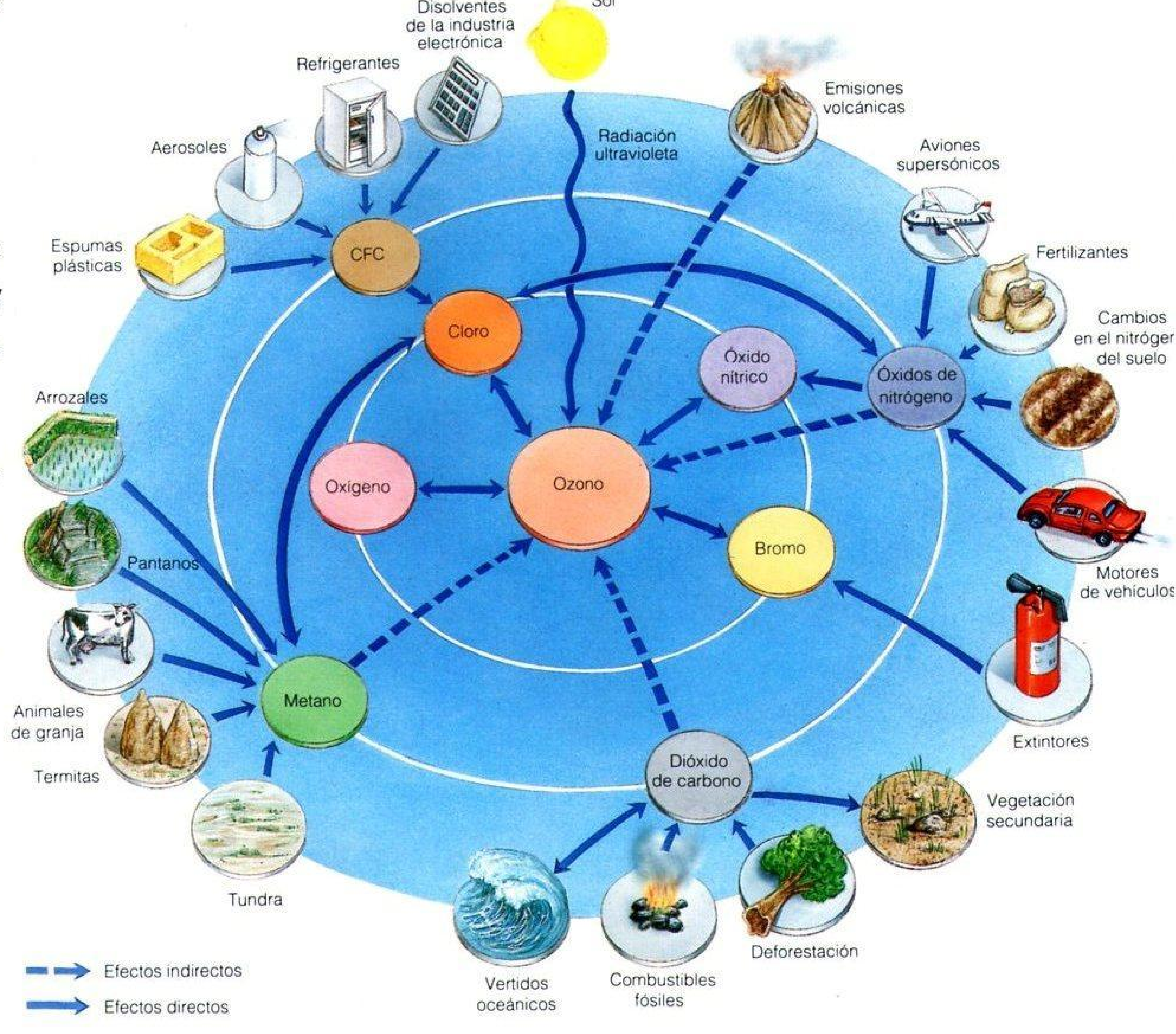
***Los niveles atmosféricos de cloro** deben reducirse a menos de 2 partes por billón [*], nivel al que comenzó a desarrollarse el agujero de la Antártida a finales de los años setenta.*

*El gráfico predice los efectos que ejercerá en los niveles de cloro el acuerdo internacional de 1987 para haber reducido a la mitad las emisiones de CFCs en 1999 (A); el acuerdo revisado de 1990 para prohibir todas las emisiones antes del año 2000 (B); y la propuesta de prohibir todas las emisiones de cloro antes del 2030 (C).*

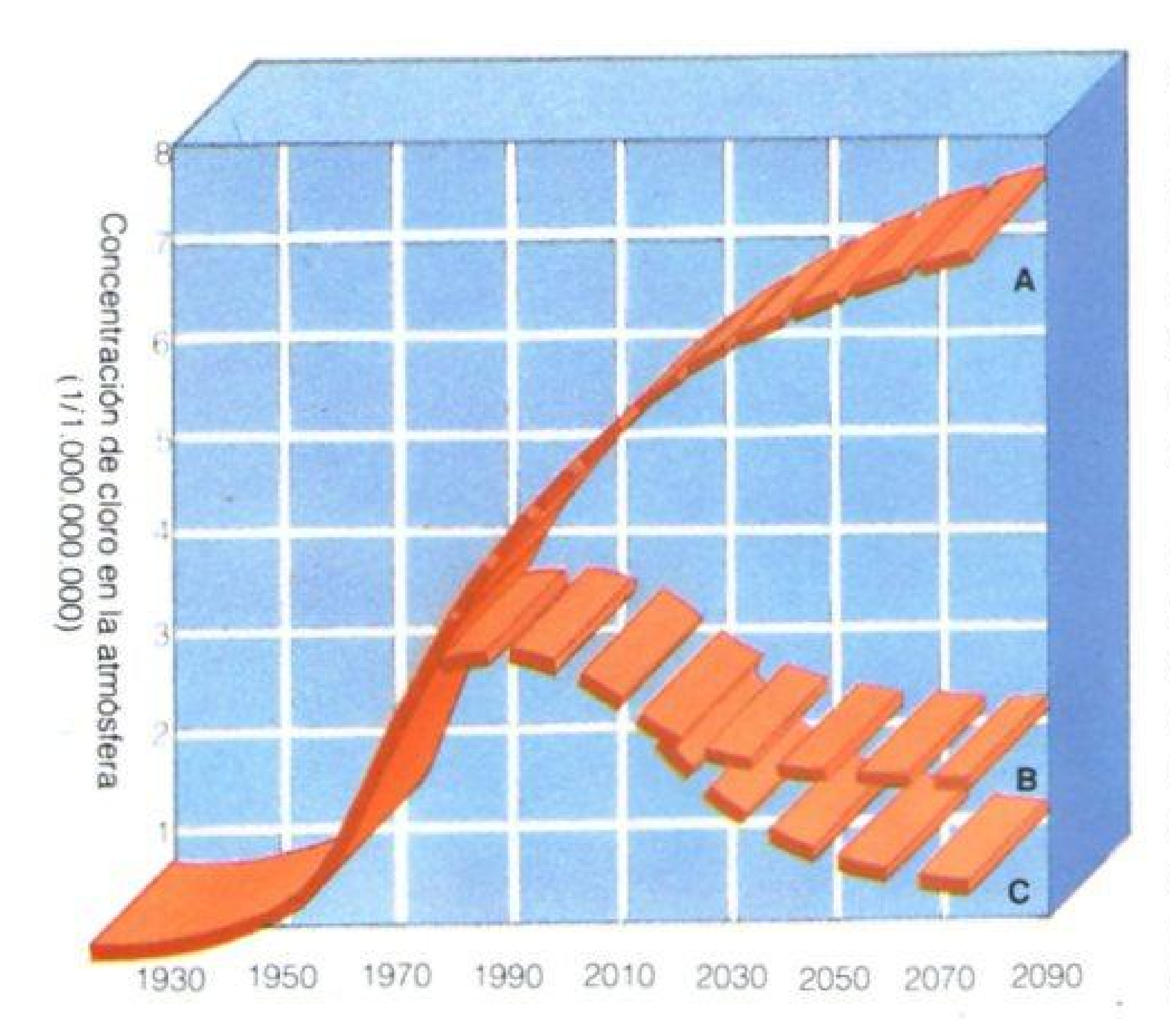
***La radiación ultravioleta** desencadena complicadas reacciones químicas enfrentadas que crean y destruyen el ozono de la estratosfera. Durante millones de años, se ha mantenido un equilibrio natural, pero el aumento de la polución ha inclinado la balanza hacia su destrucción.*

*El cloro de los CFCs es el principal culpable, y estaría destruyendo la capa de ozono con más rapidez de no ser por los compuestos de metano y nitrógeno que lo transforman en compuestos inofensivos tales como ácido clorhídrico y nitrato de cloro. Sin embargo, en aquellas zonas en las que flotan nubes de hielo —como es el caso de la Antártida— el cloro logra escapar a su neutralización.*

*Tanto el bromo como el óxido nítrico descomponen el ozono. El dióxido de carbono, el metano y el óxido nítrico son gases de invernadero. Aprisionan el calor y calientan las capas bajas de la atmósfera, lo que enfría la estratosfera y acelera las reacciones químicas que destruyen el ozono.*








cantidades de compuestos químicos clorados tales como los CFCs. Los CFCs se utilizaban como propelentes para los aerosoles, como fluidos refrigerantes para las tuberías de los refrigeradores y sistemas de aire acondicionado, como agentes productores de espuma y como disolventes para la limpieza de circuitos electrónicos.

Los CFCs permanecen en la atmósfera entre 60 y 120 años, y penetran en la estratosfera, donde la acción del Sol libera el cloro. Éste actúa a modo de catalizador, alterando el equilibrio químico natural y destruyendo la capa de ozono. Las moléculas de cloro convierten el ozono en oxígeno sin destruirse a sí mismas en el proceso. Cada una de ellas puede destruir hasta 100.000 moléculas de ozono.

***Aspecto que mostraba el agujero de ozono de la Antártida*** *el 3 de octubre de 1990, diez años después de ser observado por primera vez. Esta imagen tomada vía satélite fue realizada por el Espectrómetro de Ozono (TOMS) situado a bordo del satélite meteorológico norteamericano Nimbus–7, y representa la máxima extensión del agujero, observada durante la primavera antártica de 1990. Aquí, el "agujero" aparece representado por las zonas rosadas, moradas y negras que cubren y sobrepasan la Antártida, esta última delimitada en blanco.*

# La capa de ozono / 2

Durante el largo y oscuro invierno austral, la Antártida permanece aislada del resto de la atmósfera por un poderoso torbellino de vientos del oeste. La temperatura desciende hasta –85_C, lo que permite la formación de nubes de partículas de hielo. Dichas partículas atrapan los compuestos de nitrógeno, impidiendo que neutralicen el cloro (proceso que tiende a llevarse a cabo en partes de la estratosfera global más cálidas y libres de nubes). Asimismo, las partículas de hielo convierten el cloro en una sustancia altamente reactiva, permitiéndole atacar libremente las moléculas de ozono tras el regreso del Sol en septiembre.

La estratosfera ártica resulta menos vulnerable al ataque del cloro. Debido a su temperatura, ligeramente más elevada, se forman menos nubes, y no se encuentra aislada por un torbellino de vientos. Durante el invierno, no obstante, existen pequeñas regiones lo bastante frías como para formar las nubes de hielo que activan el cloro. Los vientos arrastran estas bolsas químicas hacia las latitudes medias, donde quedan expuestas a la luz solar y desencadenan la rápida destrucción del ozono.

La pérdida de ozono posee unas consecuencias dramáticas. Un descenso del 10% del ozono existente conduce a un 20% de aumento en el nivel de radiación ultravioleta que alcanza la superficie terrestre, lo que incrementa en un 40% el número de casos de cáncer de piel en las personas de raza caucásica. Este tipo de radiación estimula la aparición de cataratas, la principal causa de ceguera. Asimismo, neutraliza el sistema inmunológico, debilitando el cuerpo frente a las enfermedades infecciosas y reduciendo la eficacia de las vacunas.

Dado que la radiación ultravioleta es capaz de penetrar la capa superior de los océanos, su aumento daña el zooplancton y el fitoplancton, lo que, por su parte, afecta al *krill*, los diminutos animales a los que sirven de alimento y que a su vez constituyen la dieta esencial de peces, aves marinas, pingüinos, focas y ballenas.

Las naciones de la Tierra han acordado prohibir la producción de CFCs y de otros productos químicos destructores del ozono antes de finales de este siglo. No obstante, dado que su acción permanece constante durante décadas, la destrucción del ozono continuará.





***A medida que la capa de ozono continúa debilitándose*** *y la radiación ultravioleta alcanza cada vez con más facilidad la superficie terrestre, aumenta dramáticamente el peligro de quemaduras graves, cánceres de piel, enfermedades infecciosas y lesiones oculares. En el futuro, el placer de tomar el sol sin una adecuada protección contra los crecientes niveles de radiación ultravioleta deberá ser cuidadosamente sopesado frente a los riesgos que ello puede entrañar para nuestra salud.*

# El planeta invernadero

Los niños que nazcan durante el siglo próximo crecerán probablemente en un mundo mucho más caluroso que el actual. Así, podrán verse obligados a enfrentarse a un futuro de lluvias irregulares, violentas tempestades y un fuerte ascenso del nivel de los mares. Ya hoy día son evidentes los indicios que revelan el cambio del clima, entre ellos un aumento de la temperatura media de 0,5°C en este siglo. Para el año 2050, este calentamiento podría aumentar en 2°C, lo que produciría el mundo más caluroso de los últimos 250.000 años de evolución del *Homo sapiens*.

Este calentamiento global se está produciendo debido a que las actividades humanas despiden a la atmósfera vastas cantidades de gases de invernadero, entre ellos dióxido de carbono, clorofluorocarbonos (CFCs), metano, óxido nitroso, ozono de bajo nivel e incluso vapor de agua. A medida que aumenta la concentración de estos gases, éstos atrapan cada vez más calor de la superficie terrestre.

El grado de calentamiento será variable en todos sitios: los interiores continentales y las altas latitudes se caldearán más que otras regiones. El clima también cambiará. Algunas zonas se volverán más secas; otras, más húmedas. Las cosechas de maíz de los Estados Unidos podrían verse afectadas por graves sequías. El descenso de las cosechas de grano afectaría profundamente a numerosos países que dependen de las exportaciones norteamericanas para satisfacer su demanda alimenticia.

Sin embargo, no todas las regiones sufrirán. La estación fértil se alargará en las latitudes altas, beneficiando a Canadá, Islandia, Noruega, Escocia y Japón. Dado que las plantas necesitan dióxido de carbono para la fotosíntesis, la mayor concentración de este gas les permitirá crecer con más rapidez y producir más.

El aumento de los niveles de dióxido de carbono estimulará el desarrollo de las malas hierbas a expensas de las cosechas, lo que producirá un descenso de las mismas. Las plagas y las enfermedades crecerán con el aumento de la temperatura. Será necesario aumentar las irrigaciones, pero se calcula que el caudal del río Colorado —fuente de numerosos sistemas de irrigación estadounidenses— decrecerá en una cuarta parte en los próximos 50 años.

***Las nubes y la superficie terrestre absorben la luz solar*** *y se calientan. A continuación, emiten calor, el cual es devuelto al espacio. Algunos gases actúan a modo de invernadero, atrapando parte del calor saliente y devolviéndolo a la superficie.*

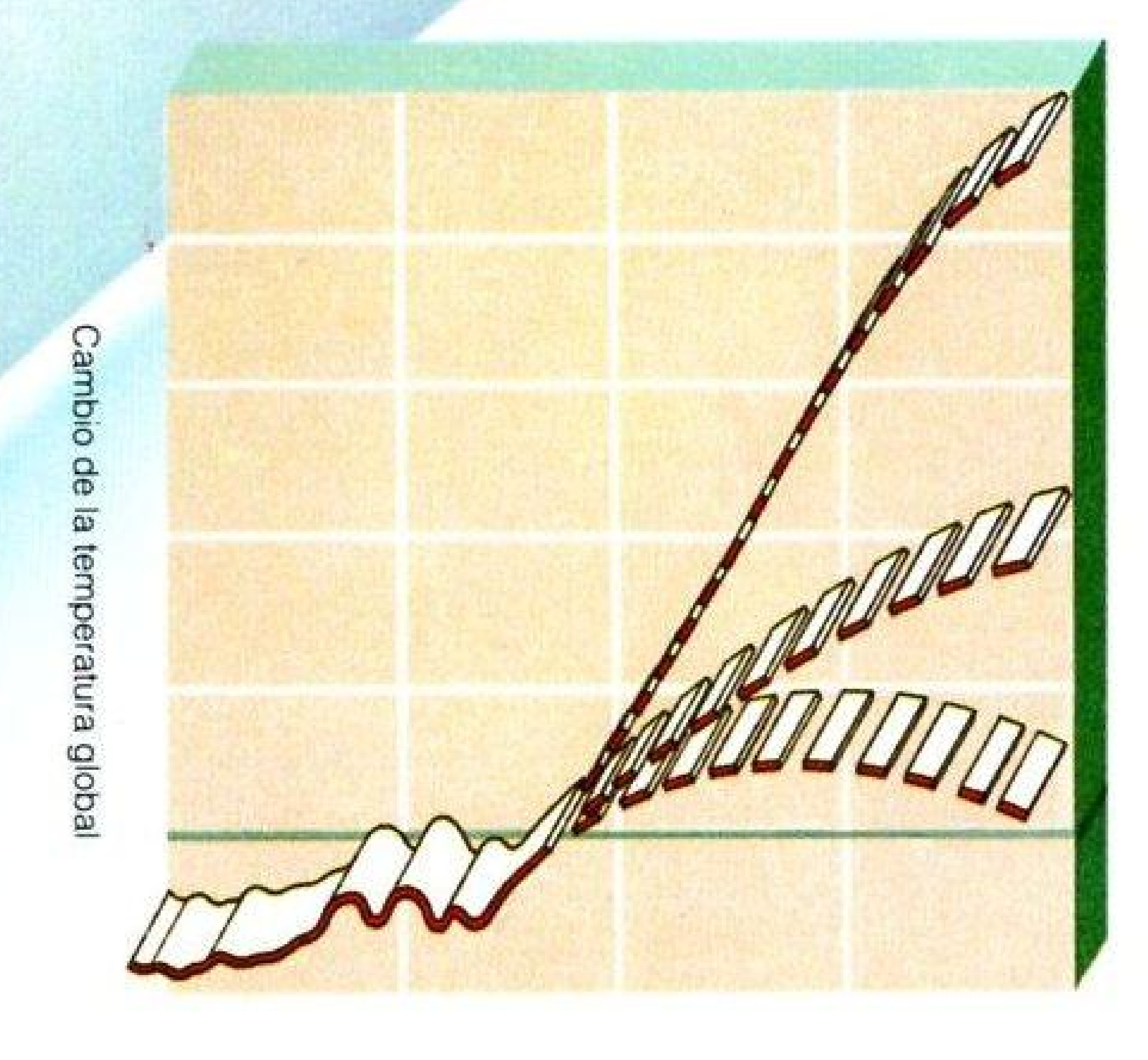
*El efecto invernadero natural resulta fundamental para la supervivencia del hombre, pero las actividades humanas están incrementando el nivel de gases de invernadero hasta límites intolerables. El gráfico inferior muestra el nivel de calentamiento previsto si las emisiones de gases continúan aumentando (A), si se frenan (B) o si se reducen drásticamente (C).*

*Hoy día, el efecto invernadero se ve especialmente estimulado por el dióxido de carbono (responsable en un 50%) y por los CFCs (25%), así como por el metano, el ozono, el óxido nitroso y el vapor de agua.*

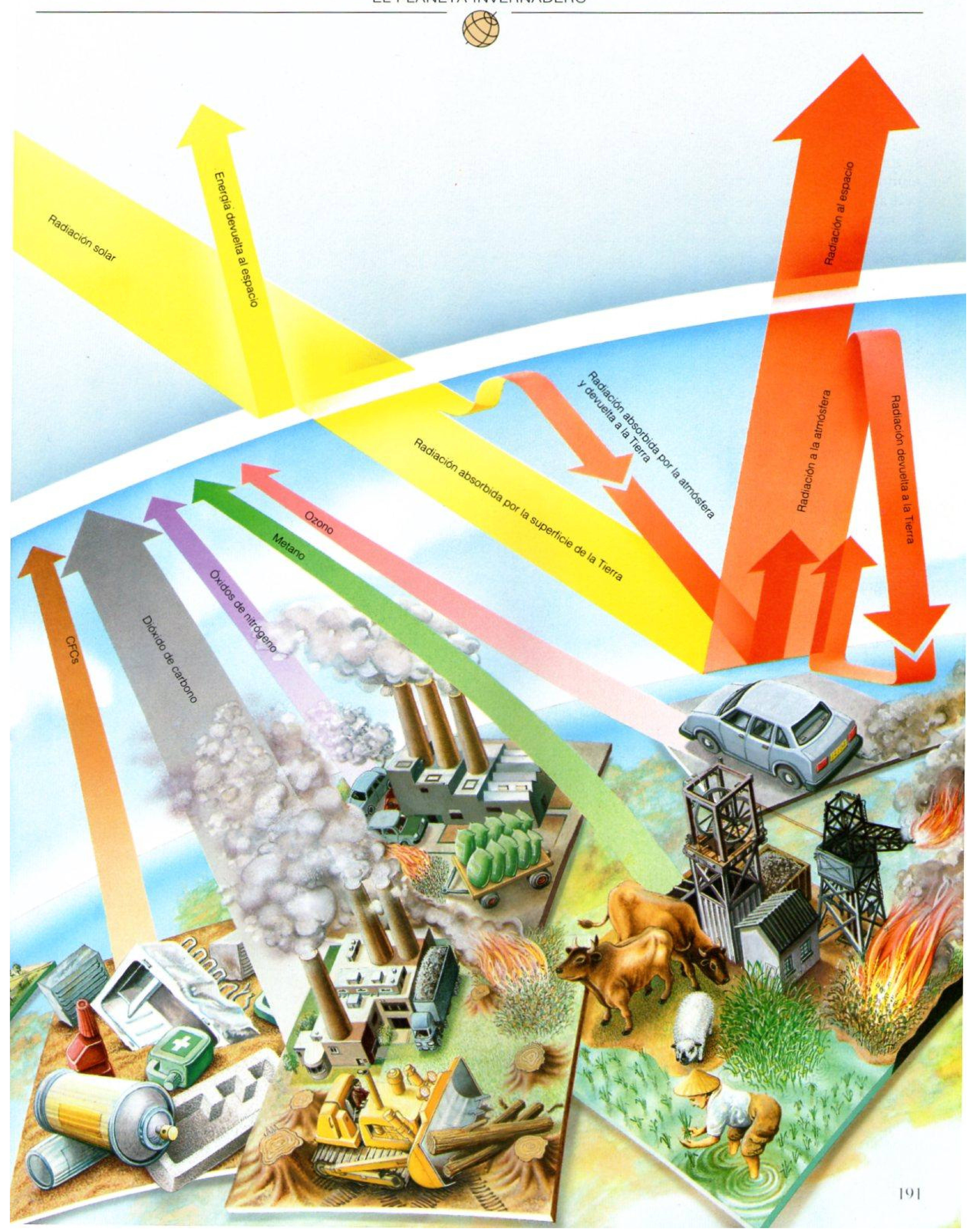
*El dióxido de carbono procede de la combustión de herbazales y combustibles fósiles, así como de la destrucción de las selvas tropicales. El metano es despedido por las bacterias de los rumiantes, los escapes de tuberías y depósitos de gas, la descomposición de la materia orgánica en las zonas pantanosas y la combustión de la vegetación.*

*A ello se añaden nuevas cantidades de vapor de agua con la incineración de combustibles y con la irrigación. El ozono de bajo nivel se crea en zonas urbanas por las reacciones fotoquímicas de los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno que despiden los vehículos y la industria. El ozono de la estratosfera filtra la radiación ultravioleta, pero el ozono de bajo nivel ejerce un efecto perjudicial, ya que atrapa el calor. El óxido nitroso es producto de los excrementos animales, los fertilizantes a base de nitratos y la incineración de vegetación y combustibles fósiles.*

*Los CFCs constituyen el factor más inquietante. Los CFCs se utilizan como propelentes de aerosoles, refrigerantes, gases aislantes en las espumas plásticas, disolventes y esterilizantes.*





Radiación solar
Energía devuelta al espacio
Radiación al espacio
Radiación absorbida por la atmósfera y devuelta a la Tierra
Radiación a la atmósfera
Radiación devuelta a la Tierra
Radiación absorbida por la superficie de la Tierra
Ozono
Metano
Óxidos de nitrógeno
Dióxido de carbono
CFCs

# El planeta invernadero / 2

El calentamiento global está produciendo la expansión de las capas superiores de los océanos del planeta. El nivel del mar ha ascendido ya 10 cm en lo que va siglo, y se espera una elevación de entre 25 y 90 cm más durante el siguiente debido a la dilatación del océano y a una aportación adicional de agua procedente de la fusión de placas de hielo y glaciares. Si se fundiera el hielo occidental de la Antártida o de Groenlandia —proceso que podría llevar unos pocos siglos— el nivel de los océanos podría aumentar entre cinco y siete metros, lo que supondría, por ejemplo, la pérdida de la mitad de la península de Florida.

Dado que aproximadamente tres mil millones de personas —la mitad de la población mundial— viven en las proximidades de la costa, dicha elevación tendría unos efectos dramáticos. Las zonas agrícolas resultarían inundadas, las costas se erosionarían, los pantanos costeros y las reservas de agua se verían contaminadas por agua salada y los bosques de mangles y arrecifes de coral serían destruidos. Las comunidades del litoral sufrirían tormentas aún más violentas y —debido al aumento en la temperatura de los mares tropicales— huracanes más frecuentes y devastadores.

Las Maldivas, situadas en el océano Índico, están habitadas por 180.000 personas distribuidas en 1.200 atolones. Estas islas desaparecerían prácticamente bajo las olas si el nivel del mar ascendiera tan sólo un metro. Igual destino sufrirían Florida Keys, Nueva Orleáns, Shanghai y Venecia. Una octava parte de Bangladesh se vería sumergida por las aguas, dejando sin hogar a 10 millones de personas.

Los principales deltas del mundo —incluyendo los del Ganges–Brahmaputra, Mekong, Nilo y Misisipí— se verían amenazados. La protección de los litorales más vulnerables supondría un coste astronómico al que las naciones en vías de desarrollo no podrían enfrentarse sin ayuda por parte de las más desarrolladas.

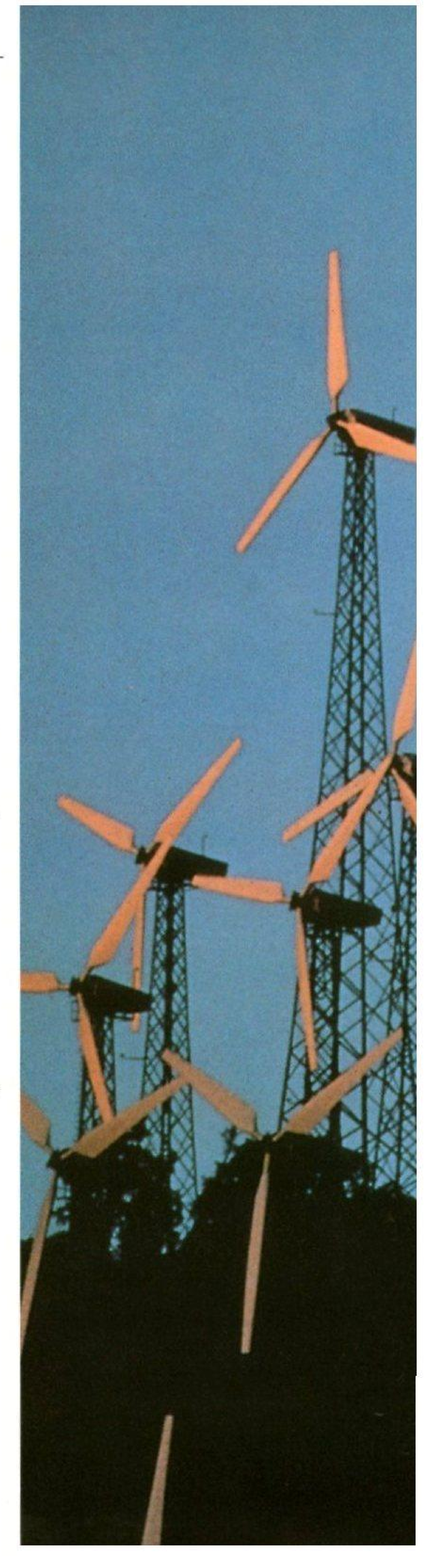
Las consecuencias de un futuro calentamiento global y de la elevación del nivel del mar no pueden predecirse con exactitud, pero la amenaza resulta tan seria que las naciones ya han comenzado a tomar algunas medidas, si bien de un modo pausado. Se precisa una reducción drástica de las emisiones de gases de invernadero y una intensa preparación para que las naciones más vulnerables puedan adaptarse a una rápida transformación del clima.

*__Es preciso reducir drásticamente las emisiones de dióxido de carbono__ si queremos limitar los niveles atmosféricos de gases de invernadero y, con ello, el calentamiento global. Las fuentes de energía renovables que no emiten dióxido de carbono, tales como el viento, el sol, las centrales hidroeléctricas, las mareas, el oleaje y le energía geotérmica, deberán sustituir en parte a la producción eléctrica a base de carbón y petróleo.*

*California es la región que más adelantada se encuentra en el dominio de los vientos, pues cuenta con grupos de turbinas eólicas como las que aquí vemos, pertenecientes a la granja eólica de Altamont Pass. Cada turbina genera tan sólo unos pocos vatios de electricidad, pero existen 20.000 turbinas operando en todo el estado.*

*Para solucionar el problema de la necesidad de contar con amplias zonas destinadas a esta industria, se han instalado numerosas granjas eólicas en los rompientes litorales de Dinamarca, y Gran Bretaña proyecta situar algunas en sus zonas costeras de menor profundidad.*

*No obstante, la fuente definitiva de energía reside en la re–creación en pequeña escala de la colosal producción solar. En el Sol, los átomos se fusionan bajo increíbles temperaturas y presiones desorbitantes, despidiendo enormes cantidades de energía. Por el contrario, los reactores nucleares utilizan la fisión para producir energía por medio de la descomposición de átomos. Para ello se precisan materiales radiactivos que posteriormente deben ser eliminados.*





# Mundos en transformación

Desde la formación de la Tierra, hace más de 4.000 millones de años, su atmósfera, océanos, continentes y organismos vivos han experimentado diversos y profundos cambios. Durante las décadas más recientes, las actividades humanas han incrementado la velocidad de dichos cambios en el medio, debido especialmente al aumento de la población en 100 millones de personas al año, esto es, tres personas por segundo.

El rápido consumo de energía y recursos naturales, unido a la degradación de los ecosistemas regionales, está alterando los ciclos vitales de energía, agua, materia y elementos químicos. No obstante, los procesos naturales también pueden desencadenar cambios rápidos y fundamentales en el planeta. Tales cambios han tenido lugar con frecuencia durante la existencia de la Tierra, y a buen seguro continuarán en el futuro.

Al entrar en erupción en 1991, el monte Pinatubo de Filipinas expulsó a la atmósfera millones de toneladas de cenizas, polvo y gases. A la estratosfera llegaron grandes cantidades de dióxido de azufre que se combinaron con agua para formar diminutas gotitas de ácido sulfúrico que rodearon la Tierra agrupadas en una franja cada vez más ancha. Dichas gotitas dispersan la luz solar y causan un enfriamiento de hasta 0,5°C de la superficie terrestre durante varios años, contrarrestando temporalmente el calentamiento del efecto invernadero estimulado por el hombre.

Sin embargo, la capa de ozono se vio dañada por la erupción, ya que las gotas de ácido sulfúrico proporcionaron al cloro superficies sobre las que reaccionar con el ozono y acelerar su destrucción. La pérdida del 10–15% del ozono permite que la mayor radiación ultravioleta alcance la superficie terrestre, afectando a las plantas y al fitoplancton e incrementando las posibilidades de sufrir cáncer de piel.

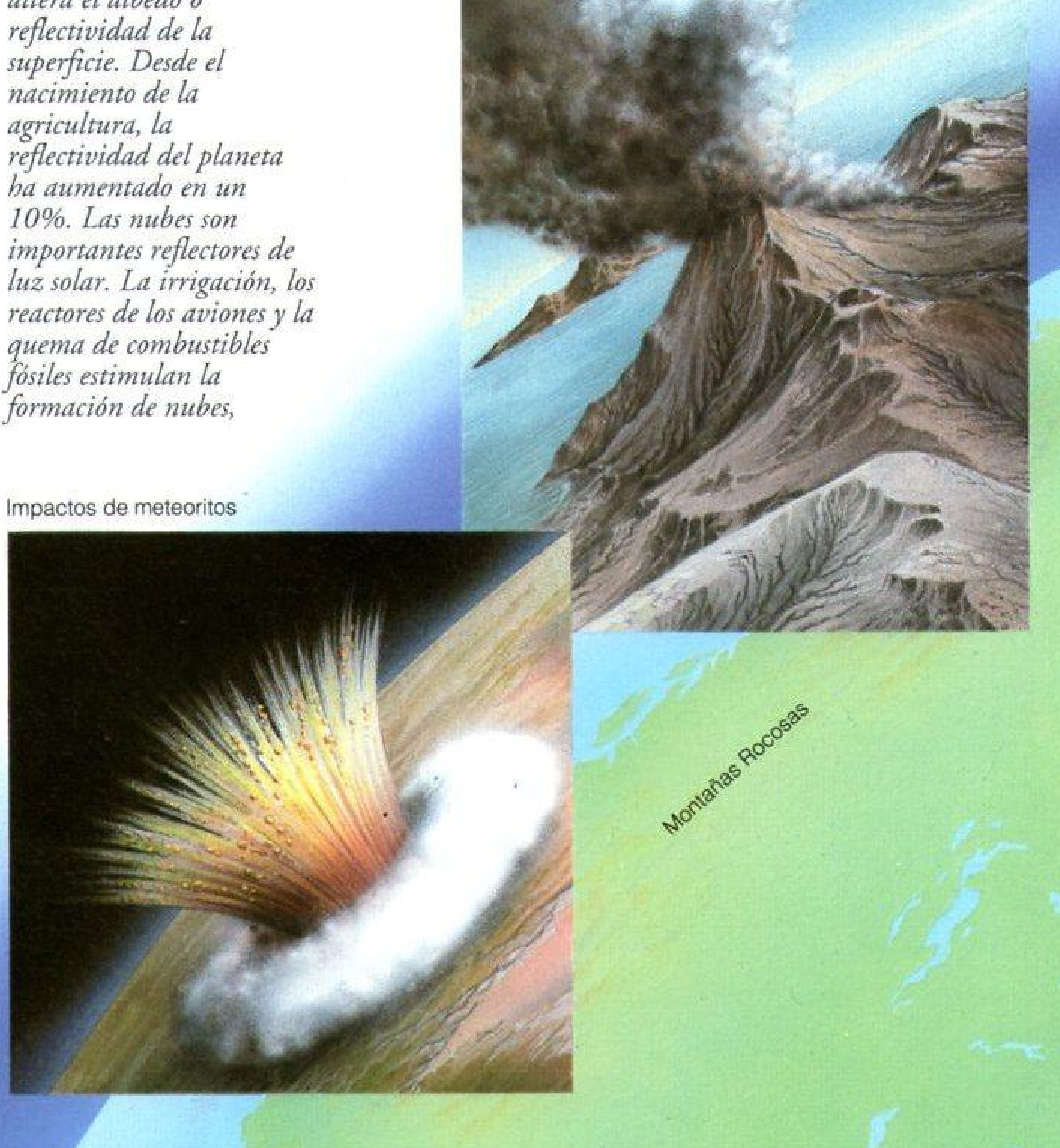
***El clima mundial*** *se ve influido por numerosos factores que operan en diferentes escalas de tiempo. Las actividades humanas están añadiendo gases de invernadero a la atmósfera, lo que produce un calentamiento adicional del planeta. Los sulfatos —contaminantes de la lluvia ácida— han aumentado considerablemente sobre las regiones industrializadas, dispersando la luz solar y reduciendo el calentamiento global durante el día.*

*Uno de los factores clave del control climático es la cantidad de energía solar reflejada de nuevo hacia el espacio. La sustitución de los bosques por campos agrícolas y de los herbazales por desiertos altera el albedo o reflectividad de la superficie. Desde el nacimiento de la agricultura, la reflectividad del planeta ha aumentado en un 10%. Las nubes son importantes reflectores de luz solar. La irrigación, los reactores de los aviones y la quema de combustibles fósiles estimulan la formación de nubes, mientras que la erosión del suelo y las tierras secas resultantes de la sobreexplotación ganadera la inhiben.*

*Las capas de hielo, la nieve y el hielo marino reflejan asimismo gran cantidad de luz solar. Bastaría un pequeño incremento anual en una zona determinada para producir un efecto de "bola de nieve" según el cual el aumento del hielo reflejara más luz solar, lo que enfriaría el planeta, crearía aún más hielo, y así sucesivamente. El desencadenante de esta reacción puede ser la propia cantidad de energía solar que llega a nuestro planeta y que varía a lo largo de períodos de miles de años.*

*Las corrientes oceánicas distribuyen el calor por el mundo. Si su fuerza o su dirección se modifican, el clima cambia.*

*Los volcanes expulsan polvo y gas hacia la atmósfera, formando una pantalla, enfriando la superficie y produciendo cambios estacionales a medida que la corriente en chorro se ve impulsada en dirección al ecuador. Hace millones de años, las erupciones acaecidas ocasionaron meses de oscuridad durante los que se extinguieron numerosas especies.*

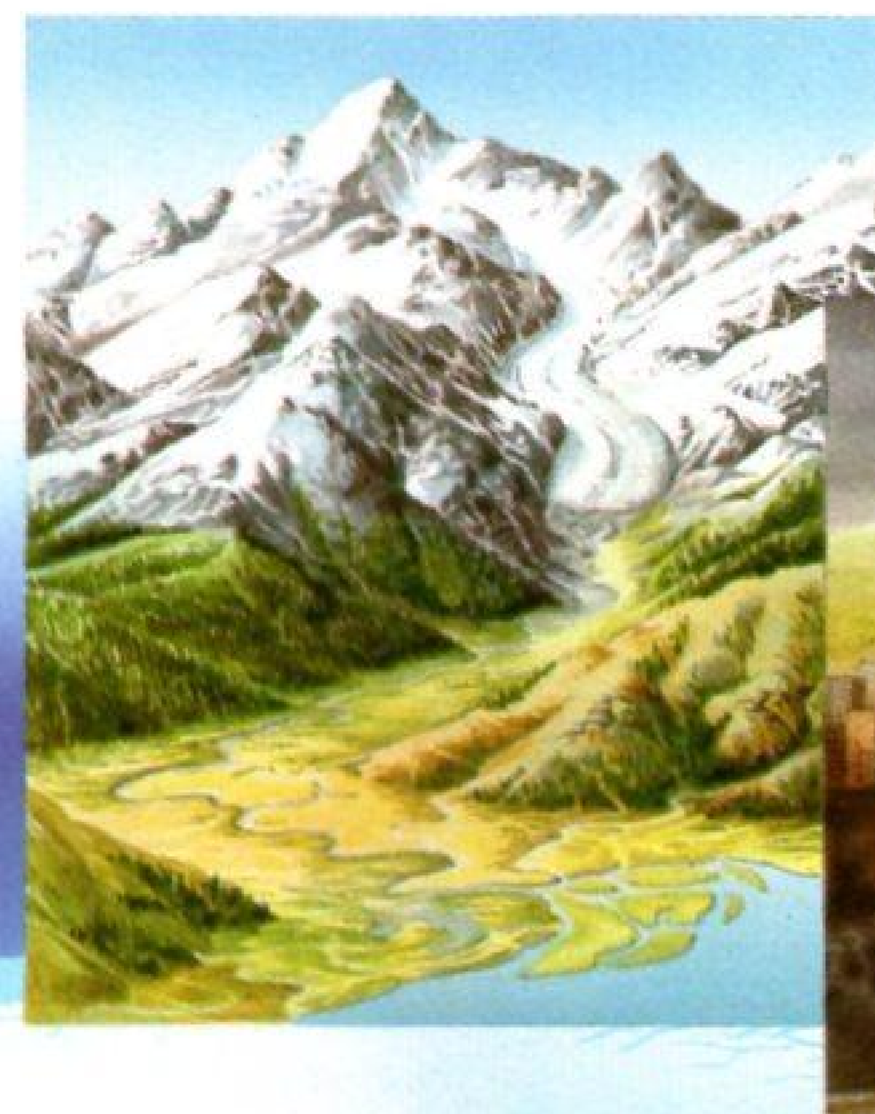




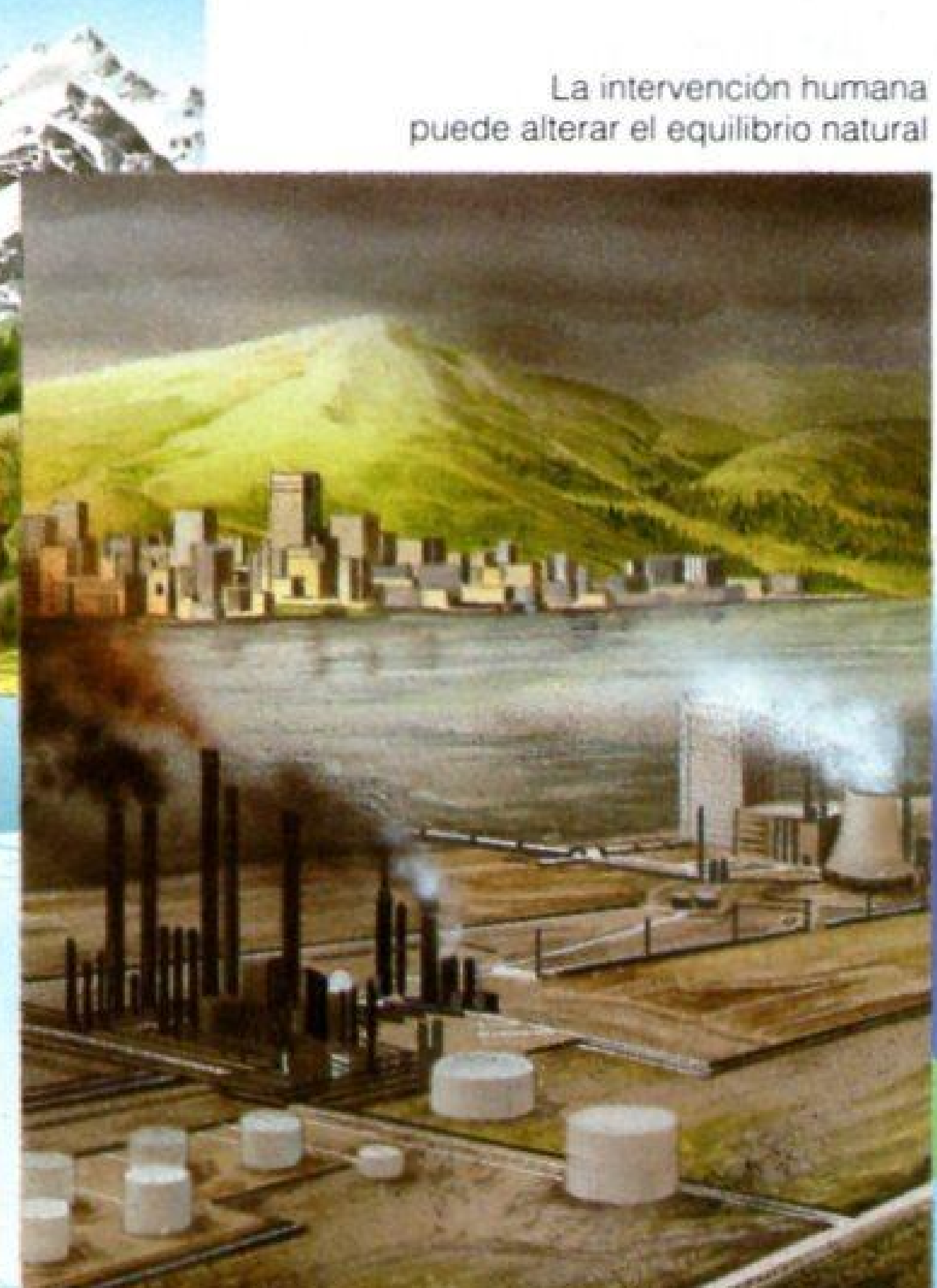
Variaciones
en la cantidad de
energía solar recibida

Cambios en las capas nubosas
y los sistemas climáticos

Modificaciones del paisaje



La intervención humana
puede alterar el equilibrio natural



La capa de hielo afecta
al albedo y al nivel del mar

La tectónica de placas
altera el tamaño
y la forma
de continentes
y océanos

Corriente en chorro

La circulación de vientos y mareas
mueve energía en torno al planeta

Dorsal atlántica

# Mundos en transformación / 2

Los procesos oceánicos de intercambio térmico se ven afectados por las erupciones volcánicas. El enfriamiento de las zonas cubiertas directamente por la capa de aerosol crea un contraste térmico con las áreas circundantes que llega a alterar las corrientes marinas. Las erupciones del Chichón (1982) y del Pinatubo señalaron el inicio de la corriente del Niño y con ello la irrupción de aguas anormalmente cálidas a través de zonas centrales y orientales del ecuador del océano Pacífico. El Niño aporta a la atmósfera un calor que anula incluso el enfriamiento ocasionado por las propias erupciones y provoca sequías en Australia, inundaciones en Perú y cambios estacionales en otras regiones del planeta.

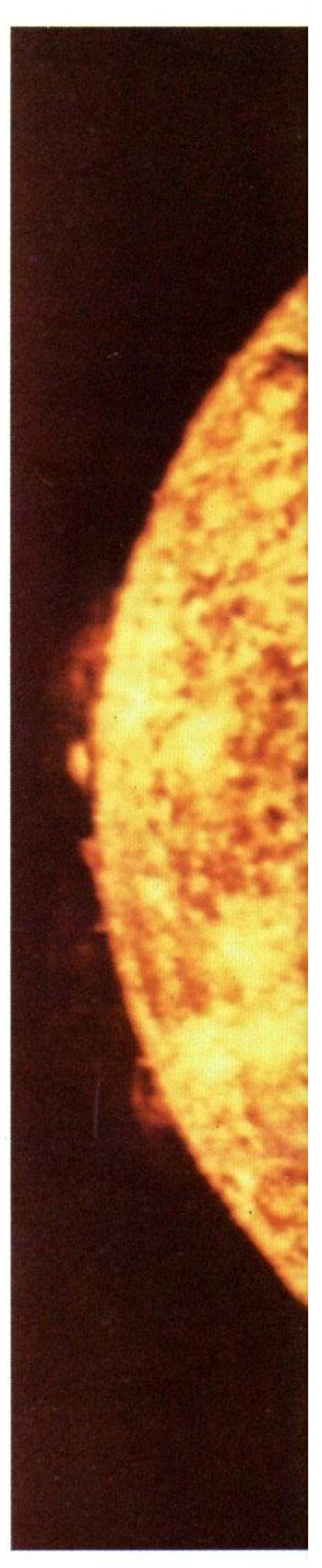
Hace millones de años tuvieron lugar erupciones mil veces más potentes que las actuales. Aquellos fenómenos trajeron consigo meses y meses de oscuridad y numerosos años de frío y penumbra durante los que diversas especies animales y vegetales resultaron extinguidas. La vida sobre la Tierra evolucionó a medida que se desarrollaban nuevas formas para reemplazar a las que se habían perdido. En otras palabras, incluso los cambios más cataclísmicos del clima y medio globales no representaron sino obstáculos temporales frente a la evolución de la vida.

Cada vez son más las personas a quienes inquieta la posibilidad de que la polución y degradación del entorno, la destrucción de los ricos ecosistemas de las selvas tropicales y los arrecifes de coral, el consumo de los recursos naturales y la extinción de tantas y tantas especies puedan llegar a causar un daño irreparable a nuestro planeta. No obstante parece probable que siempre hayan de existir formas de vida que sobrevivan incluso a nuestros peores excesos.

Lo que ya no resulta tan seguro es hasta qué punto sobrevivirá nuestra propia especie. Nuestra extinción y sustitución por una nueva especie no constituiría un hecho tan desacostumbrado dado que pocas especies viven mucho tiempo en el planeta: la media se sitúa en torno a los cinco millones de años. Lo que realmente distingue el caso de nuestra especie de las que han dominado anteriormente el planeta es que es la única cuyos miembros son conscientes de los problemas globales que está produciendo.

Hasta el momento, nuestros actos no parecen haber impulsado a Gaia —nuestro planeta viviente— a sobrepasar un límite crítico más allá del cual no pueda restablecerse el equilibrio por medio de sus sistemas globales de regulación. De haber sido así, estaríamos ya experimentando cambios que sólo podrían haberse estabilizado si Gaia reajustara sus ciclos a una clase de mundo diferente; uno mucho más seco y caluroso, por ejemplo. De cuánto tiempo disponemos antes de que ello suceda es algo que aún no podemos precisar, pero lo cierto es que no parece mucho si queremos asegurar el mantenimiento actual del equilibrio global.

Ello exige un replanteamiento radical de muchas de nuestras actividades. La explotación indiscriminada de recursos, la destrucción y proliferación de residuos son factores que deben ser sustituidos por procesos de desarrollo ordenado, conservación y reciclaje de nuestros desechos. Después de todo, la Tierra no necesita a los seres humanos para sobrevivir, pero nosotros sí la necesitamos a Ella.



***Este gigantesco bucle retorcido de gas en erupción** revela un incremento de la actividad solar. Dicha actividad crea un súbito aumento de las partículas eléctricas que componen el viento solar que llega hasta la Tierra, lo que conlleva la aparición de espectaculares auroras boreales en las noches subpolares.*

*Estos fenómenos demuestran hasta qué punto es sensible nuestro planeta a los cambios en la actividad solar. Cuando el suministro de energía solar decayó menos de un 1% entre 1450 y 1850, el resultado fue una pequeña Era Glacial que trajo consigo gélidos inviernos, veranos sombríos, cosechas perdidas y terribles tormentas.*

*Es evidente que el Sol afecta al clima mundial, pero a pesar del 30% de aumento que ha experimentado su capacidad energética desde la formación de la Tierra, la temperatura media global se ha mantenido siempre dentro de los límites que hacen posible la vida.*

*A medida que se desarrollaba la vida ésta fue modificando gradualmente su entorno para asegurar el mantenimiento del clima dentro de unos límites tolerables. A lo largo del proceso, terminaron por crearse las condiciones adecuadas para el desarrollo del ser humano.*

*Hoy día, éste está modificando a su vez el medio, pero los cambios que produce pueden resultar demasiado acelerados para que el planeta restablezca el equilibrio, y ello debido especialmente al hecho de que estamos destruyendo sus mecanismos de restauración.*



# Glosario

Las palabras en **negrita** indican su entrada como voz independiente. La importancia de ciertos términos aparece señalada por su representación en *cursiva*. Se recomienda la utilización del presente glosario conjuntamente con el índice de términos, dado que algunos conceptos aparecen desarrollados en el propio texto.

## A

**ablación**
Pérdida de hielo y nieve por un glaciar, ya sea por derretimiento, **evaporación** o fragmentación. Dícese también de las paredes labradas por la acción de los ríos. Véase asimismo meandro.

**abrasión**
Desgastamiento de parte de la superficie terrestre causada por la arena o por otros materiales duros triturados contra ella por acción del viento, el agua o los hielos de los glaciares.

**absorción**
Proceso por medio del cual una sustancia retiene un gas, un líquido o una irradiación de energía. La energía irradiada —por ejemplo, la de los rayos solares— es absorbida y convertida en calor o en alguna otra forma de energía.

**acuífero**
Capa de roca compuesta fundamentalmente por tizas o areniscas capaz de almacenar una gran cantidad de **agua subterránea** permitiendo, no obstante, su filtración.

**agua subterránea**
Corrientes de agua que fluyen bajo la superficie terrestre, saturando sus poros y grietas. En su mayor parte, procede del agua de lluvia e impregna el suelo y las **rocas sedimentarias**. Contribuye a la **erosión** y a los cambios químicos, ya que disuelve ciertos materiales rocosos y deposita minerales en disolución. La superficie del agua subterránea varía según el volumen de las precipitaciones, y se conoce con el nombre de *capa freática*. Véase asimismo acuífero.

**albedo**
Proporción entre la cantidad de radiación solar que recibe una superficie y la que refleja. Por lo general, se expresa en forma decimal o de porcentaje. El albedo medio de la Tierra es 0,3 (30%).

**aluvión**
Combinación de lodos, arenas y gravas transportados en suspensión por los ríos y depositados sobre el lecho del mismo o en los **deltas**. Los depósitos de **sedimento** que se acumulan en los llanos o valles forman *abanicos aluviales* que pueden unirse con los de otros ríos para formar una *llanura aluvial*.

**amplitud de marea**
Diferencia media del nivel del agua entre la marea alta y la marea baja de un lugar determinado. Coincidiendo aproximadamente con las lunas nueva y llena se producen las *mareas vivas*, dotadas de una amplitud de marea mucho mayor que las *mareas muertas*, producidas durante la primera y última cuadratura.

**anticlinal**
Véase *pliegue*.

**arête**
Estrecha cornisa que separa dos valles de glaciar. Su característico borde en forma de sierra es resultado de la erosión de los **glaciares** por ambos lados.

**arrecife de coral**
Cornisa rocosa producida por la acumulación de gran número de los pétreos esqueletos de corales mezclados con arena y fragmentos de concha.

**astenosfera**
Parte del **manto** de la tierra situado bajo la **litosfera**, a unos 100–350 km de profundidad bajo la superficie. La roca que la compone es débil y se deforma fácilmente. La **tectónica de placas** se debe a los movimientos de la astenosfera.

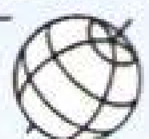
**atmósfera**
Envolutura gaseosa que rodea la Tierra y que se mantiene unida a ella por la fuerza de la gravedad, por lo que es menos densa en las capas más altas.

**atolón**
Anillo de arrecifes de coral. Puede ser continuo o quebrado, pero siempre encierra una masa de agua. A menudo se forman archipiélagos a partir de cierto número de atolones, especialmente en el océano Pacífico.

**aurora**
Fenómeno consistente en cambios de luz en el cielo nocturno. Con frecuencia se producen en las proximidades de uno de los polos magnéticos, allí donde las veloces partículas eléctricas emitidas por el Sol resultan atrapadas por el campo magnético de la Tierra.

## B

**barreras**
Islas estrechas y alargadas formadas generalmente por arena que se extienden paralelamente al continente y quedan separadas de éste por una laguna. Cuando son de coral se denominan *barreras de coral*.



**basalto**
**Roca básica** de grano fino presente por lo general en las corrientes de lava. El 90% de las rocas volcánicas son basálticas.

**batolito**
Masa de **roca ígnea** de gran tamaño formada cuando una erupción de **magma** se extiende sobre las rocas situadas bajo la superficie. Alcanza profundidades desconocidas. Los batolitos forman la subestructura de numerosas cadenas montañosas, y aparecen al erosionarse las rocas más blandas que los cubren.

**bioma**
Dícese de cada región geográfica como, por ejemplo, el desierto, el herbazal, el bosque. Puede ser terrestre o marino y forma subdivisiones de los distintos **ecosistemas.** Se caracteriza por una vegetación determinada y por el tipo de fauna asociada a él.

**biomasa**
Peso total de la materia viviente —o de una especie en particular— dentro de una zona o **ecosistema** determinado.

**brickfielder**
En Australia, viento cálido y seco de verano. Es especialmente frecuente en Victoria. Sopla en dirección sureste, acarrea grandes cantidades de polvo y suele verse acompañado de temperaturas sumamente elevadas.

# C

**caldera**
Cuenca redondeada y profunda formada tras una violenta erupción volcánica al desplomarse el **volcán** en el interior de su propia cámara de **magma**. Si el volcán se encuentra ya extinguido, la caldera aparecerá por lo general llena de agua, formando un lago. En caso contrario, podrá contener uno o más conos secundarios potencialmente activos.

**caliza**
Cierto tipo de **roca sedimentaria** compuesta fundamentalmente por carbonato cálcico. Es soluble en aguas que contengan dióxido de carbono. Las calizas orgánicas —entre las que la tiza constituye la forma más corriente— se forman a partir de materiales **fósiles.** Las regiones calizas o cársticas se caracterizan a menudo por la presencia de cavernas y sumideros subterráneos.

**calor geotérmico**
Calor procedente del interior de la Tierra. Produce *energía geotérmica,* forma energética utilizada en ciertas partes del planeta —tales como Islandia— para producir electricidad.

**canal**
Lecho y costados de un curso de agua, por lo general profundo y estrecho. El término puede aplicarse a los ríos, a los brazos de agua que conectan dos zonas oceánicas o a cualquier parte navegable pero menos claramente definida de un curso de agua.

**cañón**
Valle alargado pero relativamente estrecho formado por la erosión de un río a través de la roca. Los cañones son particularmente frecuentes en las regiones áridas debido a que la falta de lluvia minimiza la **erosión** y mantiene sus muros escarpados.

**capa freática**
Véase agua subterránea.

**capa de ozono**
Parte de la estratosfera. Absorbe la **radiación ultravioleta** procedente del Sol y evita que ésta alcance la superficie de la Tierra en cantidades peligrosas. La destrucción de la capa de ozono por los agentes contaminantes, especialmente los compuestos clorados, resulta cada día más inquietante dado que el aumento de radiación ultravioleta incrementa el riesgo de cánceres de piel y otras enfermedades a la vez que daña el fitoplancton y el zooplancton.

**carbonatos**
Grupo de minerales que forman un importante componente de un tipo de **roca sedimentaria**, conocido como rocas carbonatadas. El más corriente es el carbonato cálcico que hallamos en la **caliza**, pero también son frecuentes los carbonatos de magnesio, manganeso, hierro y otros metales.

**casquete polar**
Zona de hielos perpetuos en la que una capa de hielo cubre la superficie terrestre. La capa de hielo que cubre la Antártida contiene el 85% de los hielos terrestres. Las *cornisas de hielo* son cuerpos similares, pero suelen descansar sobre el agua en lugar de sobre la tierra.

**ciclo del agua**
Ciclo por medio del cual el agua cambia de estado a lo largo de una serie de procesos entre los que se incluyen las **precipitaciones**, la **evaporación** y las corrientes. El agua desciende en forma de lluvia, se desliza sobre la tierra formando ríos, regresa al océano y se evapora en la atmósfera, de donde volverá a caer en forma de lluvia.

**ciclo rocoso**
Ciclo a lo largo del cual se crean, modifican y destruyen las rocas como resultado de procesos físicos y químicos en el interior de la Tierra o sobre su superficie. Véase asimismo erosión y rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.



**ciclón**
Sistema de baja **presión atmosférica** en el que los vientos de superficie soplan hacia adentro —en sentido opuesto a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en sentido contrario en el hemisferio sur— y ascienden, produciendo cielos nubosos. Los ciclones formados en las latitudes medias se denominan a menudo **depresiones frontales**. Los formados en las latitudes bajas se denominan ciclones tropicales (conocidos como *huracanes*, ciclones o *tifones* en distintas partes del mundo).

**cinturones de Van Allen**
Denomínanse así las dos zonas que rodean la Tierra en las que las partículas de alta energía procedentes del Sol se ven capturadas por el campo magnético del planeta.

**circo**
Fuente de un **glaciar** de valle. Depresión circular y de paredes escarpadas en la ladera de una montaña causada por la acción del hielo y de la escarcha. Allí donde el glaciar se ha derretido, el circo puede contener un lago cuyos bordes aparecen definidos por las morrenas o desechos del glaciar.

**clima**
Características meteorológicas habituales en una zona determinada a lo largo de períodos extensos de tiempo. La **latitud**, altitud, vientos predominantes y **corrientes oceánicas** son otras tantas características que conforman cada clima determinado, si bien las **precipitaciones** y la temperatura constituyen las variables más importantes.

**clímax**
Etapa final de un proceso de **sucesión ecológica**. Se alcanza con el asentamiento de una comunidad estable de plantas y animales.

**combustibles fósiles**
Combustibles naturales en forma de hidrocarburos formados por los restos de materia orgánica atrapada en la piedra; los ejemplos más corrientes son el carbón, el petróleo y el gas natural.

**condensación**
Proceso por medio del cual el vapor de agua pasa al estado líquido.

**corriente de convección**
Corriente producida por convección térmica, proceso por medio del cual un gas o un líquido calientes ascienden y son sustituidos por un gas o líquido más frío y denso. Las corrientes de convección se producen en la **atmósfera**, en el mar y en el interior de la **astenosfera**. Cada corriente de circulación individual se conoce con el nombre de *célula de convección*.

**corriente en chorro o *jet stream***
Estrecha zona de potentes vientos que pueden alcanzar velocidades superiores a los 480 km/h durante el invierno. Las corrientes en chorro se producen allí donde los cambios de la temperatura ocasionan profundas diferencias de presión a lo largo de cortas distancias.

**corriente oceánica**
Flujo persistente de agua oceánica en una determinada dirección. Obedece a la dirección de los vientos dominantes y a la existencia de zonas de agua más densas que otras debido a las diferencias en su temperatura y salinidad.

**corrosión**
Dícese de la **erosión** química de una superficie rocosa, especialmente en los lechos fluviales. Se debe a la interacción de las sales disueltas en el agua y los minerales contenidos en las rocas.

**corteza**
Delgado caparazón exterior de la Tierra. Consiste en una capa sólida compuesta fundamentalmente por silicatos. En las masas continentales *(corteza continental)* alcanza unos 20–40 km de espesor, y apenas 6–15 km bajo los océanos *(corteza oceánica)*. Su límite inferior aparece señalado por la **discontinuidad de Mohorovicic** o moho.

**cráter**
Oquedad abierta en la cima de los **volcanes**. Conduce a la chimenea de la que surge el **magma** durante las erupciones. En los volcanes extinguidos, el agua puede acumularse en el interior del cráter formando un lago. Los cráteres pueden originarse asimismo por el impacto de un **meteorito** contra la superficie terrestre.

# D

**deflación**
Descendimiento de una superficie terrestre causado por el arrastramiento de partículas sueltas y secas por parte del viento. Las *oquedades de deflación* así creadas pueden descender hasta el nivel de las **capas freáticas**. Llegado ese punto, el suelo es lo bastante húmedo como para soportar la acción del viento, lo que da lugar a la creación de lagos u **oasis**.

**deforestación**
Destrucción de selvas y bosques como consecuencia de las actividades humanas.

**degradación**
En sentido general, dícese del descendimiento de la superficie terrestre como resultado de procesos físicos, entre ellos la **erosión** de los **aluviones** o **lechos rocosos** de un lecho fluvial, lo que aumenta la profundidad de su canal.



**delta**
Dícese de la llanura aluvial (véase aluvión) que se forma en las desembocaduras de los ríos. A menudo es sumamente fértil, pues se compone de una acumulación de **sedimentos** depositados con más rapidez de lo que pueden ser arrastrados por el mar o las corrientes lacustres. Al topar con dichas acumulaciones, el río se ve forzado a subdividirse en canales más pequeños que van extendiéndose hasta adoptar la típica forma en abanico.

**denudación**
Resultado de una severa **erosión** del terreno por agentes físicos o químicos. Constituye, asimismo, una de las principales causas de los cambios que se producen sobre la superficie terrestre. Véase deposición.

**deposición**
Asentamiento y acumulación de partículas sólidas transportadas de un lugar a otro por el viento o la lluvia. Constituye, junto con la **denudación**, uno de los factores que influyen en la modelación de la superficie terrestre.

**depresión**
Ver depresión frontal.

**depresión frontal**
Zona de bajas presiones en las latitudes medias. Se caracteriza por tiempo inestable y abundantes lluvias. Véanse asimismo frente y ciclón.

**desertización**
Extensión o desarrollo de las zonas desérticas. Se caracteriza por la degradación de la calidad del suelo y de la cubierta vegetal de un terreno que normalmente podría haber sido utilizado para cosechar.

**desierto**
Zona en la que las lluvias son tan escasas o irregulares que apenas bastan para soportar el desarrollo de la vida, aunque son raras aquellas en las que no existe vegetación alguna. Por lo general, cualquier lugar que reciba menos de 250 mm de lluvia al año se considera desierto.

**desplazamiento de masas**
Dícese de aquellos procesos —incluidos los corrimientos de tierras y lodo y los desplazamientos del suelo— que ocasionan el deslizamiento de material a lo largo de las laderas o los riscos.

**dique**
Filón de **roca ígnea** formada por **magma** que ha atravesado los estratos que rodean la cámara de magma.

**discontinuidad de Gutenberg**
Límite entre el manto sólido de la Tierra y el núcleo exterior líquido. Se inicia a una profundidad de 2.900 km y ejerce un poderoso efecto sobre las **ondas sísmicas**.

**discontinuidad de Mohorovicic (moho)**
Límite entre la corteza terrestre y el **manto**. Se caracteriza por un cambio en la velocidad de las ondas sísmicas y fue bautizada con el nombre del sismólogo yugoslavo que la descubrió.

***doldrums***
Zonas de bajas presiones cercanas al ecuador. Se encuentran situadas entre las trayectorias de los vientos alisios, y se caracterizan por vientos ligeros y variables.

**dorsal medio–oceánica**
Las dorsales son cadenas montañosas submarinas. Se caracterizan por su actividad sísmica y volcánica, y señalan los límites de placa constructivos.

***drumlins***
Cornisas de depósitos y escombros glaciales sobre zonas antiguamente ocupadas por glaciares. Habitualmente aparecen en grupos y señalan un recorrido paralelo a la dirección del curso del **glaciar**.

**duna**
Amontonamiento de arena depositada por el viento. Suelen aparecer en desiertos o zonas costeras. La acción del viento continúa alzando la arena hasta depositarla sobre el costado de sotavento del montículo. Por ello, las dunas muestran un proceso de transformación constante, cambiando de forma y desplazándose en la dirección de los vientos dominantes.

# E

**ecosistema**
Sistema ecológico, comunidad de organismos vivos dentro de un mismo hábitat. Puede hallarse claramente delimitado, como es el caso de los lagos o estanques, o ser indefinido y mezclarse con ecosistemas vecinos. Las criaturas vivientes de cada ecosistema forman una cadena alimentaria independiente. Véase asimismo bioma.

**efecto invernadero**
Acumulación de calor en las capas bajas de la **atmósfera**. Es el resultado de la **radiación** infrarroja emitida por la Tierra. Los gases, especialmente el dióxido de carbono, los CFCs y el metano, permiten el paso de la luz del Sol, pero absorben la radiación infrarroja emitida por la Tierra e impiden su devolución al espacio exterior.

**El Niño**
Inversión de los alisios predominantes y las corrientes oceánicas que atraviesan el Pacífico. Surge con un intervalo de pocos años y produce unos efectos catastróficos en Australia y algunas partes de Sudamérica.

**epicentro**
Punto de la superficie terrestre situado sobre el **foco** de un **seísmo**, allí donde este adquiere su mayor intensidad y causa sus efectos más devastadores.



**equinoccio**
Cualquiera de los dos puntos del calendario en los que el recorrido del Sol alcanza una intersección con el plano del ecuador, lo que tiene como resultado que los días y las noches sean de igual duración. En el hemisferio norte, el *equinoccio de primavera* o *punto vernal* tiene lugar alrededor del 21 de marzo, mientras que el *equinoccio de otoño* sobreviene en torno al 21 de septiembre. En estos días, el Sol de mediodía aparece situado directamente sobre el ecuador.

**erosión**
Proceso por medio del cual la superficie de la Tierra es desgastada por la acción del agua, el hielo, el viento y otros factores físicos; la erosión química se produce como consecuencia de la interacción de las sales disueltas en el agua con los minerales de las rocas. Véase asimismo *corrosión.*

**erosión química**
Ver erosión.

**escala de Richter**
Escala logarítmica que sirve para medir la intensidad de un **seísmo**. Se extiende del 1 al 9 proporcionalmente con la intensidad del mismo.

**escudo**
Zonas de la corteza terrestre antiguas, estables y de gran tamaño situadas en el centro de las placas continentales. Los escudos no se ven afectados por la violenta actividad de las placas, y tan sólo son susceptibles al desplazamiento lento y a la **erosión**.

***eskers***
Cornisas alargadas de depósitos glaciales que pueden alcanzar cientos de kilómetros de longitud. Se componen principalmente de la arena y la grava que dejan a su paso el derretimiento o retroceso de los hielos.

**estratificación**
Asentamiento de las capas de roca formando **estratos**.

**estratos**
Capas de roca, por lo general **sedimentarias**, aunque el término también puede aplicarse a **rocas ígneas**. Con frecuencia se presentan en sentido paralelo y resultan más o menos diferenciadas y salpicadas de masas de **rocas intrusivas** entre sus cuerpos.

**estuario**
Ensanchamiento del río en las proximidades de su desembocadura. Zona en la que se mezclan el agua dulce y el agua salada.

**evaporación**
Proceso por medio del cual los líquidos se convierten en gases; en particular, proceso por medio del cual el agua es absorbida por la atmósfera. Constituye un importante proceso del **ciclo del agua**.

**evapotranspiración**
Agua despedida hacia la atmósfera por el suelo y las plantas a través de la **evaporación** y de la *transpiración.*

# F

**falla**
Zona débil o zona rocosa de la corteza terrestre en la que sus componentes se fragmentan y desplazan a cada lado de la zona débil, causando **seísmos**. El cambio de posición puede ser de apenas unos centímetros o de varios cientos de metros.

**falla de transformación**
Cornisa o escarpadura situada entre dos placas del lecho oceánico, en ángulo recto con las **dorsales medio–oceánicas**.

**fiordos**
Brazos de mar alargados, profundos y estrechos que se internan en la tierra rodeados por escarpados riscos. Son el resultado de la acción de los hielos y resultan especialmente característicos de las costas occidentales de Noruega.

**fisura**
Grieta de gran tamaño abierta en la roca. En las zonas volcánicas, la **lava** puede ser expulsada a través de las fisuras sin necesidad de explosión. *(erupción de fisura).* Ver asimismo.

**foco**
Punto situado bajo la superficie de la tierra en el que se inicia un **seísmo**. En otras palabras, punto situado directamente debajo del **epicentro**. Habitualmente se encuentra localizado a una profundidad inferior a los 70 km bajo la superficie, pero puede llegar hasta los 300 km de profundidad.

**fosa oceánica**
Depresión estrecha y profunda del lecho marino formada allí donde el borde de una placa se sumerge bajo el de otra en un límite de placa destructivo o *zona de subducción.*

**fósil**
Restos vegetales o animales sepultados durante largos períodos de tiempo. La mayor parte de los fósiles se encuentran diseminados en las **rocas sedimentarias**, pero también pueden hallarse en cenizas o lodos volcánicos que han preservado el organismo en cuestión evitando su descomposición.

**fotosíntesis**
Proceso por el cual las plantas procesan el dióxido de carbono, el agua y la energía solar para producir los carbohidratos necesarios para su crecimiento. La luz es absorbida por una materia verde conocida como clorofila, y el oxígeno resulta eliminado como producto de desecho. El proceso constituye el punto inicial de un **ecosistema**.



**frente**
Capa de aire estrecha e inclinada situada entre dos masas atmosféricas de distinta temperatura. Se asocian con formaciones nubosas y meteorológicas características y resultan esenciales para la predicción del tiempo a corto plazo. Un frente frío no es sino la vanguardia de una masa de aire frío; un frente cálido es el desarrollo de una masa de aire caliente. Cuando una masa de aire frío sobrepasa a una de aire caliente obliga a este último a elevarse y enfriarse, lo que forma un frente compuesto u *oclusivo*. Véase asimismo *oclusión*.

**frente frío**
Ver frente.

**fuerza de Coriolis**
Efecto producido por la rotación de la Tierra. En el hemisferio norte impulsa al viento (o a cualquier objeto que desarrolle un desplazamiento relativo a la superficie terrestre) a desviarse hacia la derecha de su recorrido previsto. En el hemisferio sur, la desviación se produce hacia la izquierda. La fuerza de Coriolis alcanza su máxima potencia en los polos y resulta insignificante a la altura del ecuador.

**fumarola**
Oquedad en la corteza terrestre. Son frecuentes en la regiones volcánicas, y a través de ellas escapan vapores y gases tales como dióxido de carbono y azufre sometidos a presión.

# G

**géiser**
Fuente natural de agua o vapor calientes despedida regularmente de una oquedad de la corteza terrestre. Se encuentran en zonas de actividad volcánica, y son el resultado de corrientes subterráneas que entran en contacto con rocas volcánicas de elevada temperatura situadas bajo la superficie del suelo.

**geología**
Estudio de la Tierra, de sus orígenes, su composición y las fuerzas que actúan sobre ella.

**geomorfología**
Rama de la geografía que estudia las formaciones terrestres, sus orígenes y desarrollo.

**glaciar**
Masa de hielo originada en la tierra y producida por la acumulación y compresión de nieve. A menudo se extiende muy por debajo de los límites de las nieves. Se desplaza lentamente ladera abajo por efecto de la gravedad, y se adapta a los contornos del valle. Los glaciares recogen materia rocosa, arena y grava a lo largo de su recorrido, y luego la depositan en forma de morrenas a medida que se derriten al alcanzar latitudes más cálidas.

**Gondwana**
Supercontinente meridional que, hace 180 millones de años, comprendía Sudamérica, África, Arabia, India, Australia y la Antártida. A partir de entonces, dichos continentes iniciaron una deriva que los condujo a su posición actual. Véase asimismo Laurasia y Pangea.

**gradiente de presión**
Medida de la diferencia de la **presión atmosférica** entre dos lugares distintos. Los vientos soplan de zonas de alta presión a zonas de baja presión. Así, cuanto mayor es el gradiente de presión, más fuerte es el viento.

**granito**
Denominación por la que se conoce una **roca ígnea plutónica** de grano grueso compuesta por cuarzo, feldespato, mica y otros minerales.

**grietas**
Profundas hendiduras sobre la superficie de un **glaciar** causadas por alteraciones del terreno que hayan podido desviar abruptamente su recorrido, tales como una pendiente empinada o una curva cerrada.

**guyot**
Colina volcánica submarina y de cumbre aplanada moldeada por la acción de las olas.

# I

**infiltración**
Absorción de las **precipitaciones** y del agua de la superficie por parte de las rocas y el suelo a través de las grietas y los materiales porosos.

**insolación**
Abreviación frecuente para denominar la radiación solar entrante. El Sol emite aproximadamente la mitad de su energía en forma de radiación visible (luz). El resto se compone de radiación ultravioleta e infrarroja.

**interglacial**
Véase período glacial

# J

**juntura**
Grieta producida en un bloque rocoso sólido. Se diferencia de las **fallas** en que no se produce movimiento alguno entre los bloques.



# K

**karst**
Zona de **caliza** dotada de una superficie seca compuesta a menudo de roca árida y de una red de canales y cavernas subterráneos. Su nombre procede de una región de Eslovenia en la que abunda esta clase de formaciones.

# L

**laguna**
Masa de agua separada prácticamente por completo del mar por un **atolón**, una estrecha barra de tierra, una playa formando barrera o un **arrecife**.

**latitud y longitud**
Medios por los cuales puede definirse cualquier punto situado sobre la superficie terrestre. Las líneas de latitud rodean la Tierra en dirección paralela a la del ecuador, este último definido por los 0°. Las líneas de longitud atraviesan ambos polos y traspasan el ecuador en ángulo recto. El meridiano de Greenwich está situado en los 0°; la Línea Internacional de Cambio de Fecha, en los 180°. Las zonas intermedias se encuentran divididas en grados situados al este y oeste de Greenwich, y alrededor del mundo se calculan las zonas horarias según el número de horas que se encuentran retrasadas o adelantadas con respecto a Greenwich.

**latitudes medias**
Dícese de las **zonas templadas** que se extienden entre los **trópicos** y las zonas ártica y antártica.

**Laurasia**
Supercontinente septentrional formado, tras la fragmentación de **Pangea**, por lo que hoy es Groenlandia, Norteamérica, Europa y Asia, aunque sin incluir India. Véase asimismo Gondwana.

**lava**
Nombre que recibe el **magma** cuando emerge de un **volcán** y se extiende sobre el terreno circundante, enfriándose y solidificándose a lo largo del proceso.

**lecho rocoso**
En tierra, se denomina a la capa ininterrumpida de roca sólida que constituye la parte superior de la corteza terrestre. Puede no hallarse cubierta por **suelo** alguno, pero a menudo descansa bajo una capa variable de suelo, subsuelo y **regolitos**.

**litosfera**
Dícese de la capa exterior de la Tierra. Es sólida y quebradiza, e incluye la corteza y parte del **manto** superior. En algunos lugares, puede alcanzar hasta los 100 kms. de espesor. Se halla limitada en su parte inferior por la **astenosfera**.

**lixiviación**
Acción continua por medio de la cual el agua que se filtra a través del suelo elimina los materiales solubles tales como las sales minerales.

**longitud**
Véase latitud.

# LL

**llanura abisal**
Extensión plana del lecho oceánico situada a más profundidad que la **cornisa continental** pero no tan profunda como las **fosas oceánicas**, esto es, entre unos 1.000 y 10.000 metros. A tales profundidades apenas existe luz, por lo que la llanura abisal apenas cuenta con formas de vida, y su temperatura rara vez asciende por encima de los 4°C.

**llanura costera**
Dícese de las zonas bajas situadas entre el litoral y las tierras altas más próximas. Pueden estar formadas por depósitos de **sedimentos**, por un descenso del nivel del mar o por un desplazamiento ascendente del terreno.

**lluvia ácida**
Agua de lluvia dotada de un equilibrio anormal de pH (esto es, entre 2 y 5, o de 100.000 a 100 veces más ácida que el agua destilada). El incremento de la acidez se debe a la presencia de grandes cantidades de gases sulfurosos y nitrogenados producidos por la combustión del petróleo, el gas y el carbón. La lluvia ácida resulta perjudicial para el suelo y las plantas, y puede matar la vegetación y los animales acuáticos. También corroe la piedra de los monumentos.

**lluvia orográfica**
Lluvia montañosa causada por efecto del terreno, el cual fuerza el aire a elevarse, enfriarse, condensarse y caer en forma de precipitación.

# M

**magma**
Materia derretida que descansa bajo la roca sólida que forma la corteza terrestre. Se halla compuesto en su mayor parte por silicatos, y contiene gases en disolución y, algunas veces, cristales en suspensión.
El magma es expulsado al exterior durante la erupción de los **volcanes**, y se solidifica para formar **lava**.
En aquellas ocasiones en que no llega a alcanzar la superficie, se enfría bajo tierra convirtiéndose en **rocas ígneas intrusivas**.



**magnetosfera**
Zona de influencia del campo magnético en torno a la Tierra. El viento solar le proporciona forma de pera, extendiendo su alcance a mucha mayor distancia por el costado del planeta opuesto al astro.

**manto**
Capa que se extiende entre la corteza y el **núcleo** terrestres. El manto posee unos 2.870 km de espesor y se compone de **rocas ígneas** de silicatos dotadas de una densidad muy superior a la de las que forman la corteza. El límite superior que lo separa de esta última aparece señalado por la **discontinuidad de Mohorovicic**, mientras que el límite inferior lo marca la **discontinuidad de Gutenberg.**

**masa de aire**
Zona de la **atmósfera** inferior en la que se mantienen una temperatura y humedad más o menos constantes. Puede hallarse limitada por **frentes**.

**material piroclástico**
Fragmentos de roca resultantes de las erupciones volcánicas. Incluye cenizas y "bombas" volcánicas.

**meandro**
Curva o bucle formado a lo largo del curso de un río. Son frecuentes en las llanuras litorales. La acción de la corriente va desgastando las orillas cóncavas creando en ellas una ablación y deposita **sedimentos** en las convexas, originando aluviones. Ello va incrementando gradualmente el tamaño del meandro, que puede llegar a formar un círculo que la corriente termina por estrangular, lo que da lugar a una laguna de forma semicircular u *oxbow*.

**mesa**
Colina de cumbre aplastada o meseta rodeada de empinadas laderas. La capa superior se encuentra formada por roca dura y resistente a la erosión, mientras que los bordes se componen de roca blanda y van siendo desgastados. Normalmente, las mesas son de mayor tamaño que las **viseras**, si bien la acción de la erosión suele llegar a dividirlas creando estas formaciones.

**meteorito**
Los meteoritos suelen producir destellos de luz en el cielo nocturno, causados por un fragmento de roca o una partícula de polvo espacial que entran en combustión al penetrar en la atmósfera terrestre. Por lo general, los meteoritos son relativamente pequeños y se queman en la atmósfera dando lugar a las conocidas *estrellas fugaces*. No obstante, los más grandes llegan a caer sobre la superficie terrestre y forman grandes cráteres.

**meteorología**
Estudio de la **atmósfera** y de sus interacciones con la superficie terrestre. Habitualmente, se utiliza para referirse al estudio del estado del tiempo en la troposfera y la estratosfera.

**mistral**
Viento frío, seco y septentrional que azota el valle francés del Ródano en dirección al Mediterráneo. Se halla causado por una depresión (véase depresión frontal) del golfo de Génova que atrae aire frío del norte.

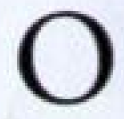
**monzón**
Sistema de vientos fundamentalmente tropicales en el que los cambios estacionales de los mismos traen consigo largos períodos de lluvias torrenciales y fuertes tormentas. El término deriva de la palabra árabe *mausin*, que significa estación.

**morrena**
Véase glaciar.

# N

**nube**
Masa de gotas de agua o cristales de hielo (o ambas cosas) formada cuando el vapor de agua se condensa en la **atmósfera**. La combinación de varios millones de estas gotas y cristales suspendidos llega a formar gotas de tamaño suficiente como para caer en forma de **precipitación**. Las nubes se clasifican según su aspecto y la altura a la que se forman.

**núcleo**
Centro de la Tierra. Su límite exterior aparece señalado por la **discontinuidad de Gutenberg**. El *núcleo exterior* parece estar compuesto por una densa mezcla de hierro y níquel en estado líquido, mientras que el *núcleo interior* es aún más denso y puede hallarse en estado sólido.



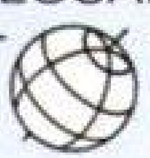
# O

**oasis**
Lugar situado en el desierto y convertido en fértil y habitable por la presencia de agua. Véase asimismo deflación.

**oclusión**
Elevación del frente cálido de una depresión alcanzada por un frente frío. Las oclusiones frías tienen lugar cuando el aire situado tras el frente frío presenta una temperatura inferior a la del aire situado delante del frente cálido. La situación contraria se denomina oclusión cálida. Véase asimismo depresión frontal.

**onda sísmica**
Onda de choque emitida por el foco de los **seísmos** y causante del característico temblor que éstos producen.

***oxbow***
Véase meandro.



# P

**Pangea**
Supercontinente hipotético que comenzó a fragmentarse hace 180 millones de años, cuando los continentes comenzaron a desplazarse hacia sus ubicaciones actuales. Pangea se dividió inicialmente en dos masas terrestres llamadas **Gondwana** y **Laurasia.**

**península**
Brazo de tierra rodeado de agua por todas partes menos por una que lo une al continente.

**período glacial**
Períodos de la historia geológica caracterizados por un descenso global de las temperaturas. El hielo superó el límite de las regiones polares y cubrió grandes zonas de la superficie terrestre. Los perídos glaciales se suceden habitualmente cada 1–3 millones de años. El último comenzó hace unos dos millones de años. Entre una era glacial y otra se producen cortos períodos fríos o cálidos denominados respectivamente *glaciales* o *interglaciales* y señalados por el avance o el retroceso de los hielos.

**permafrost**
Suelo arenoso o rocoso de las **zonas polares** permanentemente helado hasta una profundidad de aproximadamente 500 metros. La superficie experimenta un corto deshielo durante el verano.

**permeabilidad**
Cualidad de las rocas que permite la filtración del agua y otros líquidos a través de poros abiertos en el grano de la roca. La arenisca es una de las *rocas permeables* más corrientes. Véase asimismo porosidad.

**plano de asentamiento**
Superficie que separa dos capas de **rocas sedimentarias** formadas en épocas diferentes y dotadas de características distintas.

**plataforma continental**
Zona del lecho oceánico más próxima a tierra firme. Su superficie desciende suavemente hasta alcanzar una profundidad aproximada de 130 metros, punto a partir del cual desciende de forma pronunciada hasta la **llanura abisal**. La parte superior de la zona empinada se denomina *talud continental*; a medida que se aproxima a la llanura abisal, la inclinación se modera y se convierte en *glacis continental*.

**pliegue**
Doblamiento o plegamiento de capas de **roca sedimentaria** debido a una compresión. El *pliegue sinclinorio* tiene forma de U, y las rocas más jóvenes quedan depositadas en el centro; en el *pliegue anticlinorio*, los **estratos** aparecen deformados en sentido ascendente y el interior contiene las rocas más viejas.

**pliegue anticlinorio**
Ver pliegue.

**porosidad**
Capacidad de las rocas para conservar el agua en los poros o espacios abiertos entre los granos de los minerales. Las rocas porosas no son necesariamente permeables (véase permeabilidad).

**precipitación**
Suministro de agua por parte de la **atmósfera**. Puede alcanzar la tierra en diversas formas, tales como rocío, escarcha, lluvia, granizo, aguanieve y nieve. Véase asimismo nubes.

**presión atmosférica**
Presión ejercida por la atmósfera debido al efecto de la gravedad sobre el aire que cubre la superficie terrestre. Al igual que la fuerza de la gravedad, la presión atmósferica disminuye con la altitud.

**pozo artesiano**
Pozo en el que el agua es forzada a ascender por la presión hidráulica, acumulada debido a que el manantial del mismo se encuentra por debajo de la **capa freática** y el agua está atrapada en un espacio confinado entre capas de roca impermeable.

# R

**radiación**
Transmisión de energía por ondas electromagnéticas. La longitud de onda de la radiación varía inversamente a la temperatura del cuerpo o sustancia que la emita. El fuerte calor del sol emite radiaciones —incluida la luz— de longitud de onda relativamente corta, mientras que la Tierra, más fría, emite radiaciones de onda larga situadas en las bandas infrarrojas.

**radiación ultravioleta**
Radiación electromagnética situada más allá de la franja violeta (o de onda corta) del espectro. El Sol produce grandes cantidades de radiación ultravioleta, gran parte de la cual es absorbida por la **capa de ozono.**

**regolito**
Estrato de materiales erosionados y no consolidados que se extiende sobre una capa de rocas. Su parte superior constituye el suelo fértil.

**roca ácida**
Dícese de las **rocas ígneas** compuestas por más de dos terceras partes de sílice. Se presentan a menudo en forma de cuarzos o granitos.



**roca básica**
Dícese de la **roca ígnea** compuesta por un 45–55% de sílice, esto es, considerablemente menos que la **roca ácida.** Las rocas básicas son a menudo de color verde o negro debido al resto de los minerales que contienen.

**roca ígnea**
Dícese de una de las tres clases principales de rocas que componen la superficie terrestre junto con las **metamórficas** y las **sedimentarias.** Las rocas ígneas se forman cuando una sustancia cálida y derretida tal como el **magma** se enfría y solidifica. Esto puede ocurrir sobre la superficie de la tierra cuando existe un canal que comunica la corriente de material derretido con la superficie o bajo ella como resultado de la presión existente.

**roca impermeable**
Roca a través de la cual no puede filtrarse el agua.

**roca intrusiva**
Masa de **roca ígnea** formada cuando el **magma** se solidifica entre capas de roca ya existentes.

**roca metamórfica**
Dícese de una de las tres clases principales de rocas que componen la corteza terrestre junto con las **ígneas** y las **sedimentarias.** Las rocas metamórficas fueron inicialmente de alguno de dichos tipos, pero su carácter y aspecto se modificaron por la acción del calor y la presión.

**roca plutónica**
Masa de **roca ígnea** atrapada en el interior de otras rocas que se ha enfriado en las profundidades de la Tierra. La lentitud del proceso de enfriamiento produce rocas ásperas y cristalinas tales como el **granito.**

**roca sedimentaria**
Una de las tres clases principales de rocas que componen la corteza terrestre junto con las **rocas ígneas** y las **rocas metamórficas.** Las rocas sedimentarias se hallan formadas por una acumulación de **sedimentos** erosionados de rocas anteriores y depositados en capas a menudo comprimidas entre sí por la acción del viento, el agua o el hielo. Véase asimismo erosión y caliza.

# S

**sabana**
Denomínase así a los herbazales que bordean las selvas ecuatoriales y en los que las estaciones secas anuales apenas permiten el crecimiento de unos pocos árboles.

**sacudida secundaria**
Dícese de los **seísmos** menores que siguen al temblor de tierra principal.

**sedimento**
Cualquier material sólido arrastrado desde su punto de origen y depositado en otro lugar por el agua, el hielo o el viento.

**seísmo**
Temblor del suelo, generalmente producido por **ondas sísmicas** y, casi siempre, a lo largo de una **falla.** La magnitud de los seísmos —medida según la **escala de Richter**— depende de la cantidad de energía liberada cuando se fracturan las rocas quebradizas de la falla. Las zonas más propensas a los seísmos son las situadas en los límites entre las placas.

**sequía**
Largo período de tiempo sin lluvias o con una cantidad considerablemente menor de la acostumbrada.

**siroco**
Viendo caluroso, seco, polvoriento y meridional que sopla sobre Argelia y el Levante en primavera y otoño, aspirado desde África por **depresiones frontales.** La humedad que recoge sobre el mar produce frentes nubosos en el sur de Italia.

**sismología**
Estudio de los **seísmos.**

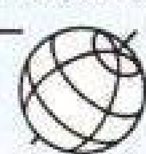
**solsticio**
Cada uno de los dos puntos del calendario en los que el Sol se encuentra a su mayor distancia angular al norte o al sur del ecuador. En el hemisferio norte da lugar al día más corto en torno al 21 de diciembre (*solsticio de invierno*) y al día más largo en torno al 21 de junio (*solsticio de verano*), a la vez que produce la situación inversa en el hemisferio sur.

**sombra pluviométrica**
Zona árida situada en el costado de sotavento de algunas cadenas montañosas. Se crea cuando el aire húmedo se ha visto forzado a ascender sobre las montañas, enfriándose y descargando la llamada **lluvia orográfica** en el costado de barlovento.

**sucesión ecológica**
Secuencia cronológica de comunidades animales y vegetales que colonizan un área determinada de terreno recién formado o desbrozado. Véase asimismo clímax.

# T

**taiga**
Cierto tipo de terrenos boscosos situados al sur de la zona de **tundra.** Consisten en coníferas bajas y espaciadas que crecen sobre una base de líquenes y musgos.



**talud**
Acumulación de rocas y fragmentos de rocas al pie de un acantilado o ladera como resultado de la fragmentación de la roca principal por la **erosión**.

**tectónica de placas**
Teoría según la cual la corteza terrestre o **litosfera** se encuentra dividida en placas relativamente delgadas que se desplazan sobre la **astenosfera** a razón de 1–9 cm por año. Los bordes de las placas señalan las zonas más propensas a experimentar **seísmos** y actividad volcánica.

**termoclina**
Capa de agua oceánica situada entre 100 y 200 metros bajo la superficie en la que se producen rápidos cambios de temperatura.

**terraza**
Parte de una antigua llanura fluvial elevada por encima del nivel del **canal**. Puede crearse al excavar el agua en profundidad debido a variaciones en el curso del río, por una elevación del terreno o por un descenso del nivel del mar *(terraza fluvial)*. También las cornisas *(terraza marina)* situadas previamente bajo aguas poco profundas pueden convertirse en zonas litorales secas debido a una elevación del terreno o un descenso del nivel del mar.

**terreno**
Zona rocosa de la corteza terrestre dotada de una historia y características particulares que la diferencian de la roca circundante.

**tornado**
Estrecha columna de aire en rápida rotación que se extiende desde la base de una nube, por lo general tormentosa, en forma de embudo o soga. Puede desencadenar vientos superiores a los 450 km/h. Un tornado que se forma encima del agua o se desplaza sobre ella se denomina tromba marina.

**tsunami**
Ola gigantesca producida por un maremoto o seísmo submarino.

**tundra**
Denomínase así la **zona ártica** que se extiende al norte de la **taiga** en la que gran parte del suelo se halla sometido al **permafrost**. Durante los breves estíos crece en ella alguna vegetación compuesta fundamentalmente por hierbas, arbustos enanos, musgos y líquenes.

# V

**valle colgante**
Valle que penetra en otro desde una altitud superior, de tal modo que los ríos se unen entre sí por miedo de cataratas o rápidos. Los valles colgantes son a menudo el resultado de pequeños **glaciares** o afluentes del glaciar principal que han labrado su propio valle.

**vientos alisios**
Vientos de dirección y velocidad notablemente constantes que soplan en dirección al ecuador en los cinturones subtropicales, desde el nordeste en el hemisferio norte y desde el sudeste en el hemisferio sur.

**viseras**
Colinas o cumbres empinadas y lisas en su parte superior sumamente frecuentes en el oeste de Estados Unidos. La capa superior de la visera está compuesta por roca dura resistente a la **erosión**, lo que impide el desgaste de las rocas, más blandas, que la soportan. Véase asimismo mesa.

**volcán**
En sentido estricto, respiradero de la corteza terrestre producido por el **magma** al abrirse paso hasta la superficie, lo que causa erupciones que arrojan a la atmósfera y al terreno gases y materiales ígneos sólidos o derretidos. No obstante, el término suele utilizarse para denominar a las montañas en forma de cono formadas por los continuos depósitos de **lava** y de otros restos procedentes de las erupciones.

# Z

**zona antártica**
Área definida aproximadamente por las líneas de latitud de 60° y 75°S, en las que se incluye el círculo antártico (66½°S). La zona subantártica se extiende al norte y la **zona polar**, al sur.

**zona ártica**
Área definida aproximadamente por las líneas de latitud de 60° y 75°N, en las que se incluye el círculo ártico (66½°N). Se corresponde con la **zona antártica** del hemisferio sur.

**zona de Benioff**
Zona sísmicamente activa que se extiende bajo las **fosas oceánicas** entre la corteza terrestre y la **astenosfera**.

**zona de saturación**
Zona situada bajo la superficie terrestre en la que todos los poros de la roca se encuentran saturados de **agua subterránea**.

**zona de subducción**
Véase fosa oceánica.

**zona templada**
Ancha zona de latitud media dotada de un clima suave y variable y situada entre las calurosas **zonas tropicales** y las heladas **zonas polares**.



**zona tropical**
A grandes rasgos, zonas situadas entre el ecuador y los trópicos de Cáncer (23 1/2°N) y de Capricornio (23 1/2°S) iluminadas directamente por el Sol durante gran parte del año. En sentido más estricto, la *zona ecuatorial* es la zona situada hasta 8° al norte y al sur del ecuador. Se caracteriza por lluvias torrenciales y altas temperaturas. Así, la *zona tropical* comenzaría donde termina la zona ecuatorial.

**zonas polares**
Áreas situadas por encima de los 75° de latitud. Son las más cercanas a los polos, y se caracterizan por la presencia de **permafrost.**